

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Е.А.Каминский

Практические приемы чтения схем электроустановок



Москва Энергоатомиздат 1988

ББК 31.26

К 18

УДК 621.3.061

Рецензент А. С. Ключев

Каминский Е. А.

К 18 Практические приемы чтения схем электроустановок.
М.: Энергоатомиздат, 1988. — 368 с.: ил.

ISBN 5-283-01074-0

Объяснены обозначения для электрических схем и правила их применения. Рассказано о том, чем руководствуются при составлении схем, рассмотрены их основные узлы. Разобраны практические приемы чтения схем электроустановок широкого применения. Показано, как пользоваться принципиальными схемами при проверке правильности монтажа и для обнаружения неполадок.

Для электромонтеров, техников, учащихся ПТУ и электротехнических учебных заведений, может быть полезна инженерам и преподавателям.

К $\frac{2302010000-286}{051(01)-88}$ 127-87

ББК 31.26

ISBN 5-283-01074-0

© Энергоатомиздат, 1988

Оглавление

Предисловие	5
-------------	---

Глава 1	
Что такое схема и что нужно знать для чтения схем	7

1.1. Что значит прочитать схему	7
1.2. Виды и типы схем	8
1.3. Стандарты, которыми пользуются при выполнении схем	17
1.4. Система построения условных графических обозначений ЕСКД	20

Глава 2	
Обозначения условные графические для электрических схем	29

2.1. Провода, шины, кабели	29
2.2. Дроссели, конденсаторы, резисторы	36
2.3. Источники электроэнергии	40
2.4. Электродвигатели, электромашинные преобразователи	46
2.5. Трансформаторы, автотрансформаторы, выпрямители	52
2.6. Магнитные пускатели, контакторы, реле. Вспомогательные контакты. Электромагниты, муфты, тормоза	63
2.7. Выключатели, переключатели, предохранители, разрядники	81
2.8. Измерительные трансформаторы, шунты, добавочные резисторы. Измерительные приборы	94
2.9. Сигнальные приборы, лампы, фотоэлементы, сельсины	99
2.10. Усилители, стабилизаторы	101
2.11. Аппаратура распределительных устройств	104
2.12. Элементы цифровой техники	109

Глава 3	
Обозначения условные графические для рабочих чертежей	119

3.1. Обозначения для схем соедине-	
------------------------------------	--

ний (монтажных схем) щитов и пультов	119
3.2. Обозначения электрооборудования, аппаратов и приборов на планах	121
3.3. Обозначения электрооборудования и аппаратуры электроосвещения на планах	125
3.4. Обозначения линий, проводок и токопроводов	129
3.5. Условные сокращения и надписи на планах	133
3.6. Применение обозначений	135

Глава 4	
Надписи на схемах	146

4.1. Общие положения. Зоны и строки. Основная надпись	146
4.2. Позиционные обозначения. Перечни элементов	150
4.3. Обозначения типов, исполнений и видов элементов и комплектных устройств	163
4.4. Обозначения выводов	165
4.5. Система обозначений (маркировки) цепей в электрических схемах	171
4.6. Таблицы применимости	180
4.7. Другие надписи на схемах	182

Глава 5	
Поясняющие схемы, диаграммы взаимодействия, таблицы переключений	183

5.1. Поясняющие схемы	183
5.2. Диаграммы взаимодействия	187
5.3. Таблицы переключений	193

Глава 6	
Чем руководствуются при составлении электрических схем	201

6.1. Нормативные и руководящие документы	201
--	-----

6.2. Каталоги, номенклатурные списки и справочники. Инструкции по монтажу и эксплуатации	202
6.3. Влияние на электротехнические устройства и изделия нагрева и охлаждения, механических сил, влаги и других факторов	209
6.4. Макроклиматические условия, категории размещения и степени защиты электрооборудования	216

Глава 7

Распространенные приемы получения заданных результатов

7.1. Связывание простых и разделение сложных цепей	217
7.2. Введение в схемы элемента времени	227
7.3. Свойства и основные области применения различных способов соединений	247
7.4. Получение заданной последовательности действий. Блокировочные зависимости	252
7.5. Защита от перегрева	256
7.6. Защита от коммутационных перенапряжений. Повышение коммутационной способности контактов	257

Глава 8

Техника чтения и анализа схем

8.1. Основные сведения	260
8.2. Схемные решения не всегда реальны	270
8.3. Анализ схем и его задачи	276
8.4. Сравнение схем	283
8.5. В каком порядке целесообразно читать схемы	285

Глава 9

Распространенные узлы электроустановок

9.1. Принципиальные положения	292
9.2. Схемы с разъёмными соединениями	293
9.3. Схемы электроосвещения	293
9.4. Схемы управления электродвигателями	296
9.5. Схемы контроля технологических параметров. Измерения электрических и неэлектрических величин	308
9.6. Схемы сигнализации	312
9.7. Простейшие схемы автоматизации	317
9.8. Централизованное управление	323

Глава 10

Скрытые ошибки в схемах. Ложные цепи

10.1. Принципиальные положения	329
10.2. Неудачное расположение контактов	330
10.3. Перераспределение напряжений и токов	335
10.4. Несогласованность времен действия	339
10.5. Перегорание предохранителей, нарушения контактов	343
10.6. Ложные цепи при замыканиях на "землю" и между проводниками разных цепей	345
10.7. Причины ошибок в схемах	349

Послесловие

Приложение 1. Проверка по принципиальной схеме правильности монтажа	354
Приложение 2. Понятия о свойствах двоичной системы счисления и алгебре логики	357
Список литературы	367

Предисловие

Работать в электроустановках на память, без схем, нельзя: это опасно. А схемы надо уметь читать, т. е. получать из них сведения, необходимые для выполнения определенной работы. Если же схема прочитана неправильно, это влечет за собой неправильные действия. Монтажники, например, присоединят (отсоединят) не то (или не туда), что следует. Наладчики и ремонтники вместо того, чтобы наладить (отремонтировать) одни цепи, могут испортить другие, исправные. Эксплуатационники ошибутся в переключениях, не смогут разобраться в причинах неполадок и т. д.

Итак, электрические схемы должны быть понятны всем, кому приходится по ним работать: электромонтажникам и наладчикам, ремонтникам и эксплуатационникам. Поэтому схемы выполняются в стандартных условных обозначениях (а государственные стандарты СССР имеют силу закона) и применяют их по определенной системе, установленной стандартами.

Естественно поэтому начать книгу с объяснения основных понятий: что такое схема, какие бывают виды и типы схем, для чего каждый из них служит, а также рассмотреть: систему построения обозначений, сами обозначения и правила их применения. Этим вопросам посвящены первые главы книги.

Составление схем дело сложное и ответственное. Оно требует:

а) выполнения указаний нормативных документов — Правил устройства электроустановок (ПУЭ), которые устанавливают, что должно быть сделано; Строительных норм и правил (СНиП), определяющих,

как нужно выполнять работы; Правил по технике безопасности (ПТБ) и т. п., а также руководящих материалов, например, по расчету токов КЗ, выбору аппаратуры и т. п.;

б) соблюдения требований заводов-изготовителей электротехнических изделий по применению, монтажу и эксплуатации;

в) учета климатических условий, категории размещения и степени защиты электрооборудования.

Эти сведения нужны читателям, так как одна из задач чтения схем состоит именно в том, чтобы выявить отступления от норм и правил.

Другая категория вопросов, рассматриваемых в книге, — влияние на электротехнические изделия нагрева и охлаждения, окружающей среды, вибраций и других факторов, определяющих надежность и долговечность электроустановок. Умение правильно оценить, учтены ли схемой реальные условия эксплуатации, — это тоже задача, которую приходится решать при чтении схем.

И, наконец, третья категория вопросов — средства, с помощью которых могут быть получены необходимые результаты. Например, применение резисторов, конденсаторов, контактов, полупроводниковых приборов, двигателей, источников света и др. Сюда же относятся особенности источников электропитания, свойства видов соединений и т. п. Оценить, верно ли использованы эти средства и свойства, — важная задача чтения схем.

Рассмотрены и объяснены приемы чтения и анализа принципиальных схем, причем

такие приемы, которые доступны читателям с общеобразовательной подготовкой в объеме средней школы.

В отдельной главе описаны типичные правильные узлы схем электроустановок широкого применения: электропитание, защита, измерения, управление электродвигателями и осветительными электроустановками, устройства сигнализации, контроль технологических параметров (температура, уровень и т. п.). Описания этих узлов нужны, так как любая электроустановка представляет собой сочетание нескольких типичных узлов. Следовательно, умение выделить из схем необходимый узел и оценить его — один из приемов чтения схем.

Особое внимание уделено выявлению и устранению причин ложных цепей, а также согласованию временных характеристик совместно действующих аппаратов и устройств в целом.

И, наконец, в приложении 1 рассказано о том, как, руководствуясь принципиальной схемой, можно проверить монтаж и устранить неполадку.

В приложение 2 вынесены краткие сведения об алгебре логики, свойствах двоичной системы счисления и некоторые другие вопросы, рассмотрение которых не входит в задачу книги. Однако эти сведения полезны читателям как введение к чтению книг, специально посвященных вопросам, имеющим в настоящее время большое значение.

Обращается внимание читателей на следующее.

1. В книге приведены упражнения с контрольными вопросами для самопроверки. Читателям рекомендуется *сначала самостоятельно выполнить упражнение, а затем, обратившись к ответам, проверить себя.*

2. Обозначения условные графические во второй и третьей главах даны, как правило,

не в виде таблиц (как сделано в стандартах), а во многих случаях непосредственно в схемах, т. е. именно так, как они применяются на практике. Однако это схемы учебные. На учебной схеме для сравнения применены различные формы обозначений; в практической схеме обычно пользуются одной формой, наиболее отвечающей назначению схемы.

На учебных схемах (каждая из которых посвящена объяснению определенной группы обозначений) некоторые элементы устройств не показаны, чтобы не отвлекать внимания от рассматриваемой темы.

3. Специальные радиотехнические обозначения и обозначения, применяющиеся в основном в технике связи, сложной автоматике и вычислительной технике, в книге не рассматриваются.

4. О схемах соединений, присоединений, а также обозначениях электрооборудования и проводов на планах даны только самые общие сведения. Дело в том, что по правильно составленной принципиальной схеме выполнить рабочую документацию довольно просто (хотя это весьма трудоемкая работа). Кроме того, рабочую документацию выполняют по ведомственным нормативным документам, а они в разных организациях различны.

Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность редактору Ю. А. Державиной. Особую признательность автор выражает А. С. Ключеву за большой труд по рецензированию рукописи и ценные рекомендации по ее содержанию.

Зачтения и пожелания читателей будут с благодарностью приняты. Их следует направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

Автор

Что такое схема и что нужно знать для чтения схем

1.1. Что значит прочитать схему

В дальнейшем нам все время придется работать со схемами — читать схемы. А прочитать схему — это значит почерпнуть из нее сведения, необходимые для выполнения определенной работы. Так, например, если нужно рассчитать ток КЗ, то чтение схемы сводится к выборке из нее данных для расчета. В других случаях прочитать схему необходимо, чтобы: понять принцип действия электроустановки; выяснить назначение того или иного ее элемента; определить, что с чем следует соединить; обнаружить ложную цепь и найти способ ее устранения; проверить, верно ли задан режим работы и т. п. Одним словом, разнообразных задач, которые решаются в результате чтения схем, — много, и задачи эти не только различны, но и разнообразны. Соответственно различны и разнообразны приемы, с помощью которых читают схемы.

К чтению схем нужно подготовиться, т. е. накопить необходимый минимум знаний, точно так же, как перед чтением текста нужно изучить алфавит, правила словообразования и словосочетания. Эти обстоятельства определили способ построения книги. По существу она состоит из двух частей. Первая часть — подготови-

тельная — гл. 1—4. Вторая посвящена приемам чтения и анализа схем.

Читатели, знакомые с условными обозначениями для схем и правилами их применения, могут опустить гл. 2 и 3, а знающие, какими надписями, как и с какой целью снабжают схему, — могут опустить гл. 4.

Что же такое схема? Слово схема употребляется в нескольких значениях.

1. Схема — это конструкторский документ (своеобразный чертеж), в котором составные части изделия — его элементы и связи между ними изображены условно, без соблюдения масштаба. Так, например, элементами электрической схемы являются резисторы, лампы, трансформаторы, двигатели и другие электротехнические изделия. А связями между ними служат проводники.

2. Схемой называют также предмет или набор предметов, например интегральная схема и т. п.

3. Когда говорят: схема работает, схема неисправна, элемент схемы перегревается, то ясно, что речь идет не о чертеже, а о самой электроустановке. Действительно, перегреваться может резистор (элемент схемы), но не его изображение. Одним словом, *электроустановка и ее схема далеко не одно и то же*, точно так же как не одно и

то же, машина и ее чертеж. В этой книге под словом схема, как правило, подразумевается не собственно чертеж, а то, что на нем изображено.

1.2. Виды и типы схем

Схемы подразделяются по видам. Вид схемы определяется видом элементов и связей между ними, а также энергоносителем, который необходим для действия элементов. Виды схем обозначают буквами. Электрические схемы (Э): элементы — электротехнические изделия; связи — проводники; энергоноситель — электрический ток. Гидравлические схемы (Г): элементы — насосы, задвижки, вентили; связи — трубопроводы; энергоноситель — жидкость под давлением, например вода, масло. Пневматические схемы (П): элементы — компрессоры, клапаны, золотники; связи — трубопроводы; энергоноситель — сжатый газ, пар, воздух; кинематические схемы (К): элементы — части механизмов; связи между ними — рычаги, тяги, цепи; энергоноситель — механическая энергия.

Схемы автоматизации. В их состав могут входить схемы разных видов с соответствующими связями. В данном случае название вида подчеркивает назначение схемы, а не вид элементов и связей.

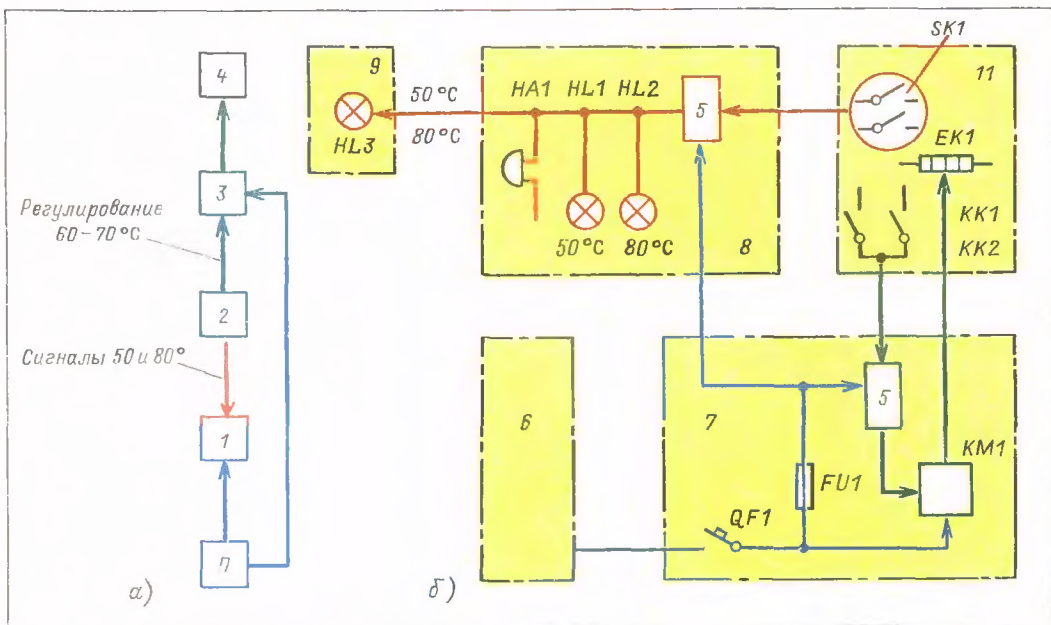
Комбинированные (совмещенные) схемы (С), например схема электрогидравлическая, т. е. такая схема, которая содержит и электрические и гидравлические элементы. Распространение совмещенных схем объясняется тем обстоятельством, что в настоящее время многие технические задачи решаются совместно средствами гидравлики, пневматики, электротехники и механики. Например, для перемещения груза электродвигатель приводит в действие насос, поднимающий давление

в гидравлической системе. Направление движения определяется положением золотников. Золотники имеют пневматические приводы. Ограничение хода достигается элементами кинематики и т. п.

В пределах каждого вида схемы подразделяются на несколько типов. Тип схемы определяется ее назначением. Типы схем обозначают цифрами. Структурная схема (1) определяет основные функциональные части изделия. Функциональная схема (2) разъясняет процессы, протекающие в нем. Принципиальная (полная)* схема (3) определяет полный состав элементов и связей между ними и, дает детальное представление о принципе работы.

Принципиальные схемы сравнительно просты по начертанию, но по существу они самые сложные и самые важные. Дело в том, что именно на основании принципиальных схем разрабатывают схемы других типов, т. е. такие схемы, руководствуясь которыми выполняют работы. Это схемы соединений (монтажные) (4), подключения (5), общие (6), расположения (7) и объединенные. На объединенной схеме могут быть помещены схемы одного вида нескольких типов, относящихся к одному изделию (установке), например схема электрическая принципиальная (Э3) и схема электрическая соединений (Э4). Объединенной схеме присваивается наименование схемы, имеющей меньший номер из номеров объединенных схем; в данном случае схеме нужно присвоить номер Э3, так как Э3 меньше, чем Э4.

* В скобках даны наименования схем энергетических сооружений, т. е. электрических станций и подстанций, а также оборудования промышленных предприятий и т. п. Применительно к энергетическим сооружениям вместо слова "изделие" говорят "установка". Но понятно, что в состав установки как ее составные части входят собственно изделия, например щиты и пульты управления, шинопроводы и др.



В книге рассматриваются только принципиальные схемы. Заметим здесь же, что принципиальная схема электроустановки, например схема управления электроприводом (вводом, релейной защиты и т. п.), действительно является полной. Она дает детальное представление о работе электроустановки благодаря тому, что на ней показаны все электрические цепи. В отличие от полной принципиальной схемы электроустановки принципиальная схема изделия (станции управления, камеры КСО, панели защиты и т. п.) представляет собой схему только одного изделия, но выполненную теми же приемами, что и полные принципиальные схемы, т. е. разнесенным способом. Иными словами, схема изделия — это схема только части электроустановки.

Содержание наиболее распространенных типов схем иллюстрируют упражнения 1.1–1.8. Рисунки 1.1–1.6, относящиеся к этим упражнениям, выполнены для одной

Рис. 1.1. Структурная схема (а) определяет основные функциональные части 1–4 установки. К упражнению 1.1. Функциональная схема (б) разъясняет происходящие процессы: 5 — группа аппаратов. К упражнению 1.2

и той же электроустановки. Поэтому рассматривать их нужно совместно, хотя они относятся к разным упражнениям.

Упражнение 1.1

На рис. 1.1,а приведена структурная схема электроустановки.

Ответить на вопросы. 1. Что обозначают стрелки? 2. Откуда известны интервалы регулирования (60–70 °С) и сигнализации (50–80 °С) и почему они не равны? 3. Зачем нужны отдельные сигналы о повышении и понижении температуры? Не достаточно ли одного общего сигнала о том, что температура вышла за пределы заданных значений?



Ответы

1. Стрелки определяют направление процесса. Объект 2 контроля и регулирования (температура воды в баке) через блок 3 включает и отключает нагреватель 4, благодаря чему температура воды в баке поддерживается на заданном уровне, т. е. в пределах 60–70°C. При отклонении температуры от заданных значений (50°C и ниже, 80°C и выше) в блок сигнализации 1 передаются сигналы: один сигнал – температура понижена, другой – температура повышена. Буквой П обозначен источник питания.

2. Интервалы регулирования и сигнализации указаны на схеме; знание этих интервалов является, кстати, одним из итогов ее прочтения. Интервал регулирования уже интервала сигнализации, и это совершенно верно. Дело в том, что поддержание температуры в заданных пределах регулирования – это нормальное состояние, т. е. такое состояние, при котором не нужна передача аварийных сигналов.

3. При понижении температуры действия персонала одни, при повышении – другие. Поэтому и нужны разделенные сигналы.

управления 7 и т. п. Отдельные элементы – лампы HL1 – HL3 и звонок HA1 показаны в условных обозначениях, но группы аппаратов, осуществляющих переключения, изображены прямоугольниками 5 без детализации.

2. Буквы – это позиционные обозначения элементов, заимствованные из принципиальной схемы (см. рис. 1.2). На функциональных схемах позиционные обозначения обычно не указывают.

3. Лампа HL1, под которой написано 50°C.

4. Понижение температуры до 50 и повышение до 80°C.

5. С помощью расцветки выделены функции цепи: синие линии – питание, зеленые – регулирование температуры, красные – сигнализация.

6. Желтые прямоугольники – это те же конструктивные узлы электроустановки, которые изображены на общей схеме (см. рис. 1.6). Номер 10 пропущен, так как под ним значится вспомогательное изделие – ящик зажимов. На общей схеме (см. упражнение 1.7) он показан. На функциональных схемах номера конструктивных узлов обычно не указывают. Здесь же они даны в учебных целях для связи между функциональной и общей схемами.



Упражнение 1.2

На рис. 1.1,б приведена функциональная схема этой же электроустановки.

Ответить на вопросы. 1. Чем функциональная схема отличается от структурной? 2. Что обозначают HL3, SK1 и EK1 и для чего они написаны на функциональной схеме? 3. Какая лампа HL1 или HL2 сигнализирует о понижении температуры и откуда это известно? 4. О каких значениях температуры сигнализирует лампа HL3? 5. На функциональной и структурной схемах в наших примерах не случайно применены различные цвета, причем система расцветки на обеих схемах одинакова. Что выделено с помощью расцветки? 6. Для чего на функциональной схеме желтые прямоугольники имеют номера 6–9 и 11, но номер 10 пропущен? Имеет этот пропуск какой-либо смысл, или же это просто ошибка?



Ответы

1. На функциональной схеме видны основные узлы устройства: щиток сигнализации 8, станция



Упражнение 1.3

На рис. 1.2 изображена принципиальная схема электроустановки. На ней красные цифры – номера цепей (строк), синие цифры – обозначения (маркировка) участков цепей (подробнее см. § 4.5). Латинские буквы – позиционные обозначения элементов (подробнее см. § 4.2). Эти же обозначения приведены в табл. 1.1. Все элементы изображены в стандартных условных обозначениях, которые подробно рассмотрены в гл. 2.

Ответить на вопросы. 1. На какое напряжение рассчитан каждый трубчатый нагреватель EK1? Цепи управления? 2. Зачем введен предохранитель FU1? Не достаточно ли выключателя автоматического QF1? Почему предохранитель введен только в фазный провод питания цепей управления? 3. Какое позиционное обозначение имеет аппарат, включающий и отключающий EK1? Что он собой представляет и откуда это известно? 4. Для чего служит переключатель S1? Что обозначают буквы P, O, A? 5. Как включают и отключают EK1 при ремонтном управлении? 6. Как автоматически управляется EK1? При какой температуре произойдет автоматическое отключение? 7. Есть ли возможность отключить EK1

Теплоэлектро-нагреватель ТЭН	Предохранитель цепей управления	Управление пускателем		Регулирование		Контроль температуры		Сигналы		Звонок и аварийный сигнал
		Ремонтное	Автоматическое	Включение 60°C	Отключение 70°C	50°C	Деблокировка сигналов	80°C	$t \leq 50^\circ$	$t \geq 80^\circ$

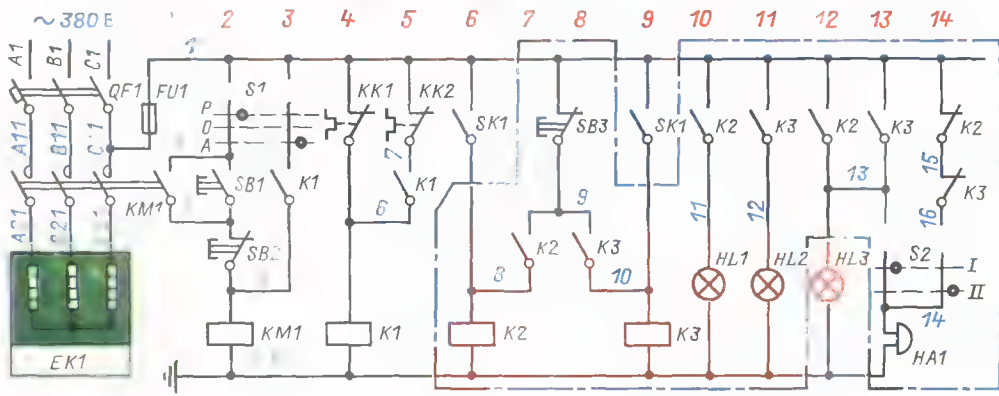


Рис. 1.2. Принципиальная (полная) схема показывает все элементы электроустановки и связи между ними. Перечень элементов приведен в табл. 1.1. К упражнению 1.3

при 65°C, а если есть, то как это сделать? 8. Что произойдет, когда температура, понижаясь, достигнет 50°C? Можно ли при этой температуре погасить лампы HL1 и HL2? Можно ли их погасить при 54°C? Что для этого нужно сделать? 9. При какой температуре включаются лампы HL2 и HL3? 10. В каких случаях автоматически включаются аварийная лампа HL3 и звонок? Что нужно сделать, чтобы отключить звонок? Погаснет ли при этом лампа HL3? Когда она погаснет? 11. С помощью какого схемного приема достигается подготовка звонка к последующему включению? 12. Какой общий вывод явствует из рассмотренного примера? 13. Зачем опытные проектировщики обязательно описывают даже самые, казалось бы, несложные принципиальные схемы? 14. В схеме есть два переключателя S1 и S2, но один из них S1 имеет нейтральную позицию 0, а у другого – нейтральной позиции нет. По внешнему виду и количеству контактов переключатели похожи. Монтажник их перепутал. К чему это приведет?

Ответы

1. Трубчатые нагреватели ЕК1 соединены в звезду и получают питание от сети трехфаз-

ного тока 380 В. На каждый нагреватель приходится фазное напряжение 380: $\sqrt{3} = 220$ В. Цепи управления питаются от фазного и нейтрального проводов, т. е. включены на 220 В.

2. Уставка включателя автоматического QF1 определяется мощностью нагревателей ЕК1 и составляет примерно 50 А. Для защиты цепей управления (если монтаж выполнен медными проводами сечением 1,5 мм² и кабелями с алюминиевыми жилами сечением 2,5 мм²) нужно не более 20 А, поэтому для защиты цепей управления введен предохранитель FU1. В заземленный провод N предохранители вводить нельзя.

3. Позиционное обозначение КМ1. Как следует из перечня элементов – это магнитный пускатель.

4. Переключателем S1 задают режим управления: P – ремонтное, А – автоматическое, 0 – нейтральное положение. В нейтральном положении обе цепи разомкнуты.

5. Выключателем кнопочным SB1 по цепи 2 включают КМ1, который в свою очередь включает ЕК1. После включения КМ1 его катушка продолжает получать питание через вспомога-

Т а б л и ц а 1.1. Перечень элементов к рис. 1.2

Позиционное обозначение	Наименование	Тип	Место установки	Примечание
<i>QF1</i>	Выключатель автоматический		Станция управления	50 А
<i>FU1</i>	Предохранитель цепей управления			15 А
<i>KM1</i>	Магнитный пускатель			
<i>S1</i>	Переключатель выбора режима управления			
<i>SB1</i>	Выключатель кнопочный "Пуск"			
<i>SB2</i>	То же "Стоп"			
<i>K1</i>	Реле промежуточное для управления <i>KM1</i>			
<i>EK1</i>	Трубчатый нагреватель		Бак	22 кВт
<i>KK1</i>	Реле температурное			60°C и ниже
<i>KK2</i>	То же			70°C и выше
<i>SK1</i>	Электроконтактный термометр			50°C и ниже 80°C и выше
<i>K2</i>	Реле промежуточное		Щиток сигнализации	50°C и ниже
<i>K3</i>	То же			80°C и выше
<i>SB3</i>	Выключатель кнопочный для деблокировки сигналов			
<i>HL1</i>	Лампа сигнальная желтая			50°C и ниже
<i>HL2</i>	То же			80°C и выше
<i>S2</i>	Переключатель для деблокировки звонка			
<i>HL3</i>	Лампа сигнальная красная		Щит дежурного	50°C и ниже 80°C и выше
<i>HA1</i>	Звонок			То же

Примечания: 1. Перечень элементов выполнен по форме, с которой можно встретиться в ряде книг и в исполнительной документации. Достоинство этой формы в ее наглядности, благодаря указанию назначения элементов и их технических данных. Форма перечня элементов, применяющаяся в настоящее время проектными организациями, подробно рассмотрена в § 4.2.

2. Типы изделий не указаны.

ный контакт *KM1* по цепи 1. Отключают выключателем кнопочным *SB2*.

6. При температуре ниже 60°C контакт реле температурного *KK1* замкнут. Это видно из диаграммы, помещенной над цепью 4. Поэтому реле *K1* включено, а через его контакт в цепи 3 включен магнитный пускатель *KM1*. Когда же температура превысит 60°C, достигнув, например, 63°C, *EK1* не отключится благодаря тому, что реле *K1* будет продолжать получать питание по цепи 5. Эта цепь разомкнется только при температуре 70°C, как явствует из диаграммы, помещенной над цепью 5. При 70°C реле *K1* отпустит,

отключит *KM1*, а *KM1* отключит *EK1*. Температура начнет снижаться. Но до тех пор пока она не снизится до 60°C, ничего не произойдет. При 60°C вновь замкнется контакт *KK1* и по цепи 4 включит *K1* и т. д. Иными словами, *K1* при 60°C будет включаться, а при 70°C — отключаться.

7. При замкнутом контакте *K1* в цепи 3 нельзя отключить *KM1* выключателем кнопочным *SB2*, так как контакт *K1* в цепи 3 присоединен к катушке *KM1* минуя *SB2*. Но, несмотря на это, *EK1* отключить можно. Для этого переключатель *S1* нужно перевести в положение 0.

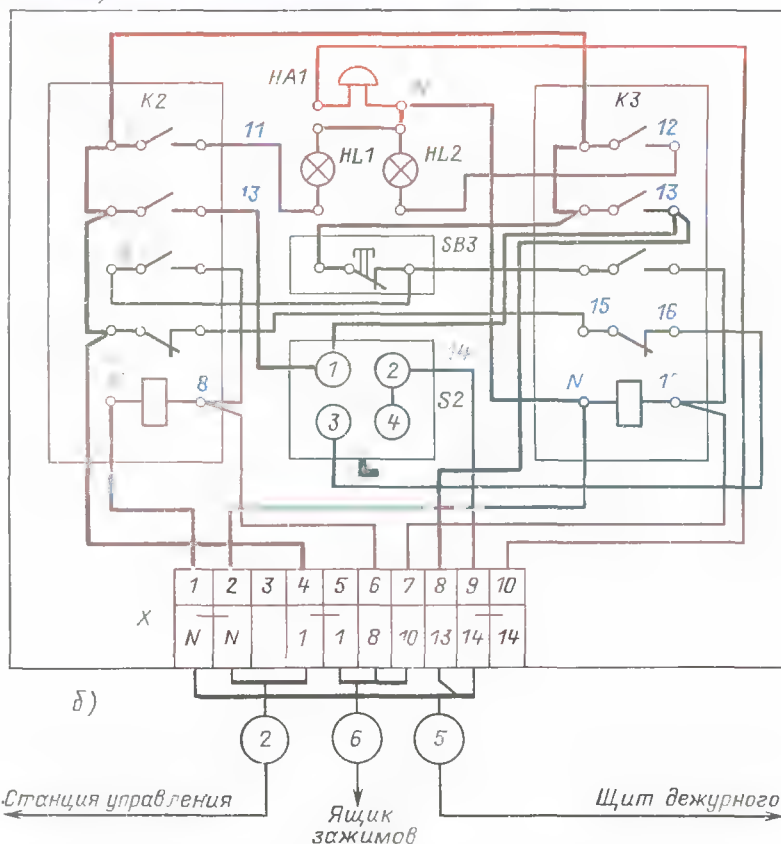
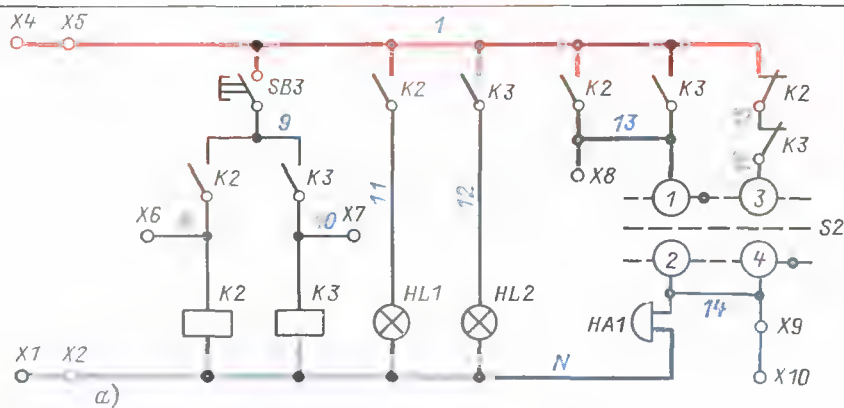


Рис. 1.3. Схемы щитка сигнализации. Принципиальная схема (а) показывает, что с чем должно быть соединено и выведено на клеммы. Объединенная схема (б) показывает, как надлежит выполнить соединения в пределах изделия и присоединить кабели. К упражнению 1.4

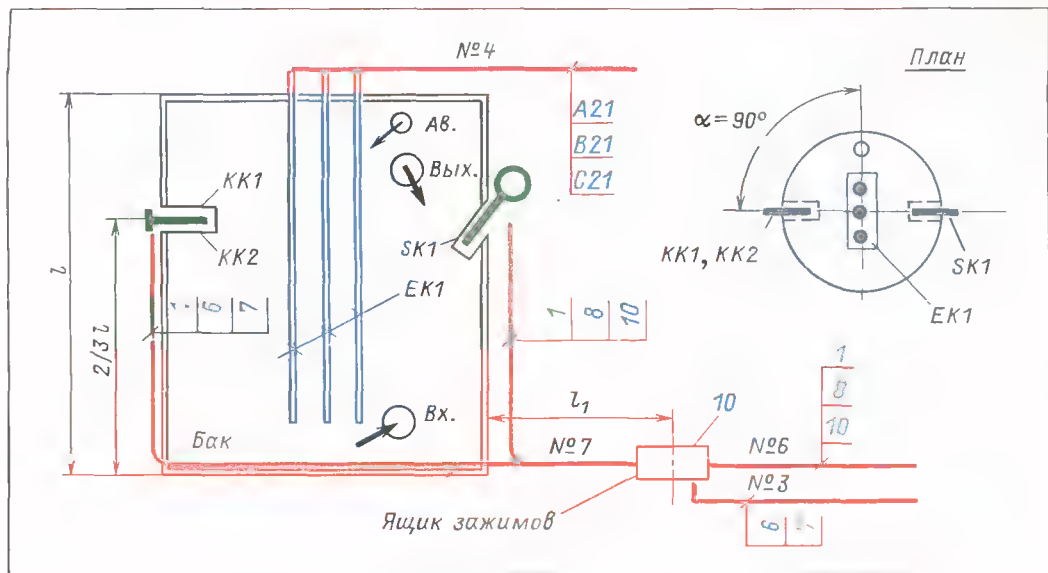


Рис. 1.4. Схема расположения определяет взаимное расположение электрооборудования (ЕК1, КК1, КК2, SK1) в баке, труб для входа (Вх.) и выхода (Вых.) и аварийного слива (Ав.) воды. К упражнению 1.5

8. В цепи 6 замкнется контакт электроконтактного термометра SK1, включит реле K2, а оно, в свою очередь, замкнет цепи 10 и 12. В результате включатся лампы HL1, HL3 и звонок HA1. При температуре 50°C и ниже погасить лампы HL1 и HL3 нельзя, так как еще замкнут контакт SK1 в цепи 6. При температуре выше 50°C, например при 54°C, контакт SK1 разомкнут. Чтобы погасить лампы, достаточно нажать выключатель кнопочный SB3.

9. При температуре 80°C (см. диаграмму над цепью 9). Включение произойдет при срабатывании реле K3, которое включится контактом SK1 электроконтактного термометра.

10. При снижении температуры до 50°C или при повышении до 80°C. Чтобы отключить звонок, нужно переключатель S2 перевести из позиции I в позицию II, разомкнув этим действием цепь 13, но подготовив цепь 14, в которой, до тех пор пока температура чрезмерно понижена или повышена, разомкнут один из контактов K2 или K3 соответственно. Лампа HL3 при изменении положения переключателя S2 не погаснет. Она погаснет только тогда, когда температура

достигнет нормального значения, т. е. будет больше 50, но меньше 80°C.

11. Как только температура достигнет нормальных значений, реле K2 (K3) отпустит и замкнет цепь 14. По ней вновь включится звонок, что вынудит персонал перевести переключатель S2 из позиции II в позицию I, подготовив этим действием схему к приему следующего сигнала. Заметим, что манипуляции с S2 называются квитированием сигналов, от слова квитация – подтверждение.

12. Принципиальная схема электроустановки действительно является полной, так как дает исчерпывающие сведения об ее действии.

13. Описание схемы – вернейший способ себя проверить. Экономия времени на описании принципиальных схем всегда оборачивается ошибками не только в принципиальной схеме, но и во всей рабочей документации, выполненной на ее основании. Исправить эти ошибки трудно.

14. Будут нарушены важные условия действия: а) в режиме автоматического управления невозможно будет отключить EK1 (см. ответ на вопрос 7); б) будет возможность вывести звонок из действия, что совершенно недопустимо.



Упражнение 1.4

На рис. 1.3 показаны две схемы щитка сигнализации.

Ответить на вопросы. 1. Как называется тип схемы на рис. 1.3,а и чем эта схема отличается от участка схемы, который на рис. 1.2 обведен синей штрихпунктирной линией? 2. Что обозначают цифры 2, 5 и 6 в кружках на рис. 1.3,б? 3. Как называется тип схемы на рис. 1.3,б?



Ответы

1. На рис. 1.3,а изображена принципиальная схема изделия – в нашем примере схема щитка сигнализации. Она отличается от участка схемы на рис. 1.2 тем, что на ней указаны места для присоединения кабелей, а именно зажимы X1, X2, X4 – X9, X10. Разобраться в принципе действия по этой схеме нельзя. Но этого и не требуется, так как данная схема только показывает, что с чем должно быть соединено в пределах изделия.

2. Цифры в кружках – это номера кабелей.

3. Схема является объединенной. На ней объединены две схемы: схема соединений в пределах изделия и схема подключения к нему. Схему следует назвать схемой соединений, так как номер схемы соединений (4) меньше номера схемы подключения (5).



Упражнение 1.5

На рис. 1.4 показана схема расположения трубчатых нагревателей *EK1*, электроконтактного термомомента *SK1* и температурных реле *KK1* и *KK2* в баке.

Ответить на вопросы. 1. Для чего в данной электроустановке потребовалась схема расположения? 2. Что изображено красными линиями? Что обозначают синие цифры на выносках? 3. Как проверить правильность маркировки жил кабелей?



Ответы

1. В данном случае схема расположения совершенно необходима. Дело в том, что взаимное расположение приборов контроля температуры, мест входа (Вх.) и выхода (Вых.) воды, нагревателей, а также глубина погружения приборов играют первостепенную роль. Дело в том, что если приборы неправильно взаимно располо-

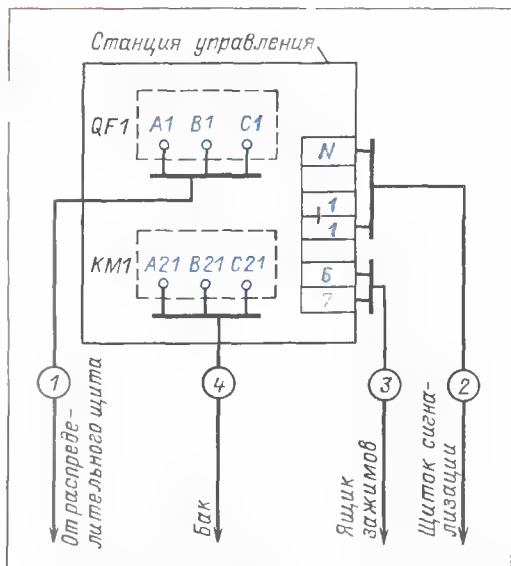


Рис. 1.5. Схема подключения показывает присоединение кабелей 1–4 к внешним зажимам станции управления. К упражнению 1.6

жить, то схема будет работать неверно, так как температура в разных частях бака различна.

2. Красные линии – это направления кабелей (жгутов проводов), синие цифры – обозначения (маркировка) жил. Формально на схеме расположения кабели можно не показывать. Однако опытные проектировщики не упускают этой полезной возможности.

3. Правильность маркировки жил легко проверить, сопоставляя рис. 1.4 и 1.6. Обратите внимание: к ящику зажимов в кабеле № 6 подходит одна жила с маркой 1, а от ящика зажимов идут два провода 1: один к *SK1*, другой – к температурным реле *KK1* и *KK2*. Значит, кабель № 7 это, строго говоря, не кабель, а жгуты проводов, прокладываемые в трубах.



Упражнение 1.6

На рис. 1.5 показана схема подключения к станции управления.

Ответить на вопросы. 1. Что обозначают синие буквы и цифры у изображения зажимов, которые предназначены для присоединения кабелей 1–4?

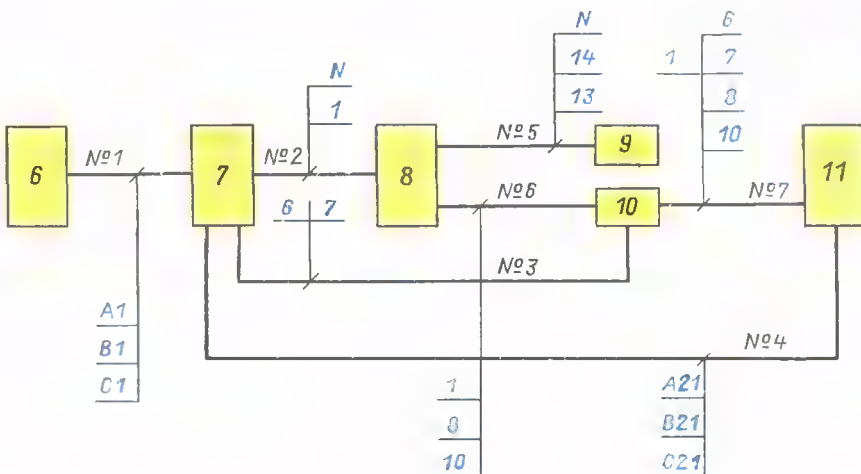


Рис. 1.6. На о б щ е й схеме прямоугольниками изображены конструктивные узлы электроустановки и связи между ними:

6 – распределительный щит; 7 – станция управления; 8 – щиток сигнализации; 9 – щит дежурного; 10 – ящик зажимов; 11 – бак (электрооборудование для нагрева воды и контроля ее температуры). К упражнению 1.7

2. Нужна ли схема соединения станции управления для ее монтажа, для ее эксплуатации?



Ответы



Ответы

1. Синие буквы и цифры – это обозначения (маркировка) жил кабелей.

2. Схема соединений для монтажа не нужна, так как станция управления изготовлена на электротехническом заводе, где выполнены все соединения. Но схема соединений прилагается к станции управления заводом-изготовителем, так как такая схема нужна эксплуатационному персоналу и наладчикам.

Упражнение 1.7

На рис. 1.6 приведена общая схема. Ответить на вопросы. 1. Что обозначают на ней желтые

прямоугольники и синие цифры на выносках? 2. В какой тип схемы превратится общая схема, если ее дополнить изображением рядов зажимов? 3. Как проверить, что общая схема выполнена правильно?

1. Желтые прямоугольники – это конструктивные узлы электроустановки: щиток сигнализации, станция управления и т. п. (см. подпись к рис. 1.6) Цифры на выносках – это марки (обозначения) жил. Подробнее об обозначении (маркировке) жил см. § 4.5.

2. Схема превратится в схему подключения – иногда ее называют схемой внешних соединений, но это устаревшая терминология.

3. Сопоставим рис. 1.6 сначала с рис. 1.3,б и убедимся в том, что направления кабелей № 2, 5 и 6 указаны правильно. Обозначения зажимов на рис. 1.3,б и жил на рис. 1.6 соответственно одинаковы. Затем сопоставим рис. 1.6 с рис. 1.5 и убедимся во взаимном соответствии кабелей № 1–4. Непроверенным остался кабель № 7. Но из общей схемы ясно, что он подходит к баку. А на баке находятся SK1, KK1 и KK2. Обратившись к принципиальной схеме (рис. 1.2), видим, что к SK1 идут проводники 1, 8 и 10 – цепи 6 и 9, а к KK1 и KK2 – проводники 1, 6 и 7 (це-

пи 4 и 5). Жилы с такими же марками указаны на кабеле № 7 на общей схеме.

Упражнение 1.8

Касается нескольких общих вопросов. 1. Можно ли говорить "Электрические виды схем", т. е. употреблять слово "вид" во множественном числе? 2. Обязательно ли для каждой электроустановки выполнять схемы всех типов, установленных стандартом? 3. Как быть, если в каком-либо конкретном случае недостаточно установленных типов схем? 4. Почему ни в коем случае нельзя выполнять рабочие чертежи до полной и всесторонней проработки принципиальной схемы?

Ответы

1. Нельзя. Вид схемы один, а именно схема электрическая, а типов в пределах одного вида — несколько.
2. Не обязательно. Выполняют схемы только тех типов, которые требуются. Схемы разных типов можно объединить на одном чертеже, как это сделано на рис. 1.3,б.
3. Нужно сделать дополнительную схему, чтобы изобразить все необходимое для работы. И это не является нарушением стандарта.
4. Ошибка, допущенная в принципиальной схеме, многократно повторится во всех остальных схемах, выполненных на ее основании.

1.3. Стандарты, которыми пользуются при выполнении схем

Схемы выполняют, руководствуясь государственными стандартами СССР, которые имеют силу закона. Стандарты, относящиеся к схемам, входят в седьмую классификационную группу Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Обозначение этих стандартов строится по следующей системе:

ГОСТ 2.700 — 00.

Здесь: ГОСТ — государственный стандарт СССР; 2 — признак системы ЕСКД

(другим системам документации присвоены другие цифры); 7 — признак седьмой классификационной группы — группы схем, за которой следует номер стандарта (1—99) в пределах группы. После разделительного знака указан год регистрации (утверждения) стандарта.

Кроме года утверждения указан срок введения, а иногда и срок его действия. Промежуток между датами утверждения и введения — несколько месяцев. Столь большое время необходимо, чтобы успеть отпечатать, распространить и изучить стандарт, а также закончить проекты по тем же ГОСТ, в которых они были начаты.

Каждый ГОСТ имеет название.

Система проектной документации для строительства (СПДС). С целью унификации проектных решений, что чрезвычайно важно для строительных организаций, выполняющих работы по проектам, выпускаемым различными проектными организациями, создана Система проектной документации для строительства СПДС. Она состоит из ряда ГОСТ и входит в классификационную группу 21. Например, ГОСТ 21.101—79 устанавливает основные требования к рабочим чертежам, ГОСТ 21.104—79 "Спецификации" и т. д.

В этой книге, посвященной не проектированию, а чтению схем, ГОСТ СПДС не рассматриваются, но в отдельных случаях, например в § 3.5, учтены их требования.

Стандарты с течением времени могут претерпевать изменения. Некоторые стандарты аннулируются и заменяются новыми. Новый ГОСТ сохраняет тот же номер, но последние цифры, указывающие год регистрации, естественно, изменяются. Замена одного ГОСТ другим оговаривается словами "Взамен ГОСТ ...". Иногда заменяется не весь стандарт, а только некоторые его разделы.

Текущая информация о вновь утвержденных стандартах и внесенных изменениях

публикуется в ежемесячном "Информационном указателе стандартов". Если стандарт переиздан и при переиздании уже учтены изменения, то к обозначению стандарта добавляют звездочку.

ГОСТ, действующие на 1 января текущего года, публикуются в "Указателе государственных стандартов СССР". Кроме государственных стандартов СССР (ГОСТ) существуют стандарты: республиканские (РСТ), отраслевые (ОСТ), стандарты предприятий (СТП), а также технические условия и нормалы. Эти документы устанавливаются в необходимых случаях для отраслей народного хозяйства, предприятий и т. п., т. е. имеют ограниченное применение. Но они *ни в коем случае не могут противоречить ГОСТ.*

Большинство стандартов Совета Экономических Взаимопомощи (СЭВ) принято как стандарты СССР.

Примеры обозначений стандартов

1. ГОСТ 2.721-74 "Обозначения общего применения. Взамен ГОСТ 2.721-68 и ГОСТ 2.783-69. С 01.07.1975 по 01.07.1980" расшифровывается следующим образом: Государственный стандарт СССР (ГОСТ), входящий в систему ЕСКД (2), в седьмую группу (7), имеющий в группе номер 21. Стандарт зарегистрирован в 1974 г. (74) и действует с 1 июля 1975 г. по 1 июля 1980 г. Название стандарта — обозначения общего применения. Этот ГОСТ заменяет два стандарта: ГОСТ 2.721-68 и ГОСТ 2.783-69, действие которых с введением ГОСТ 2.721-74 отменено.

2. ГОСТ 2.730-73* (СТ СЭВ 661-77) обозначает, что ГОСТ 2.730 переиздан в 1973 г. и при переиздании учтены внесенные ранее изменения (на это указывает звездочка). Кроме того, стандарт СЭВ № 661, утвержденный в 1977 г., принят в качестве стандарта СССР.

Принятие нового стандарта автоматически отменяет предыдущий стандарт. Однако оба стандарта некоторое время неизбежно сосуществуют. Этот очень важный вопрос требует пояснений. Дело в том, что независимо от введения нового стандарта

действующие сооружения фактически существуют. При их эксплуатации пользуются *исполнительной* документацией, а она выполнена по стандарту, который уже отменен. *Переделывать исполнительную документацию нельзя* не только по формальным причинам. Главное состоит в том, что малейшая ошибка при перечерчивании схемы может привести к очень тяжелым последствиям: нарушению электроснабжения, повреждению электрооборудования, человеческим жертвам.

Другое, не менее важное обстоятельство — текущее строительство. Совершенно ясно, что изъять у строителей документацию, по которой они уже работают, невозможно.

И, наконец, третье — это книги, в том числе печатные руководящие материалы, которые уже изданы, но еще долго не утратят своего значения.

Одним словом, нужно знать и старые и новые стандартные обозначения и уметь их сопоставлять. С этой целью в книге рядом помещены и новые и старые обозначения (если они различаются). Но старые обозначения обведены волнистой линией.

Совместно всегда применяют стандарты на **графические условные обозначения** (см. гл. 2), буквенно-цифровые позиционные обозначения элементов (см. § 4.2) и в ряде случаев стандарт на систему обозначений участков цепей в электрических установках (см. § 4.5). Дело в том, что катушки любых реле, магнитных пускателей и контакторов, рубильники, выключатели автоматические, все однотипные электрические машины, трансформаторы, приборы изображают соответственно одинаково. Следовательно, без позиционных обозначений нельзя ни различить разные аппараты, ни установить принадлежность деталей (катушек, контактов) тому или иному аппарату.

Необходимость в позиционных обозначениях элементов иллюстрирует рис. 1.7, а.

Особый случай представляют схемы электропитания. Одна часть схемы выпол-

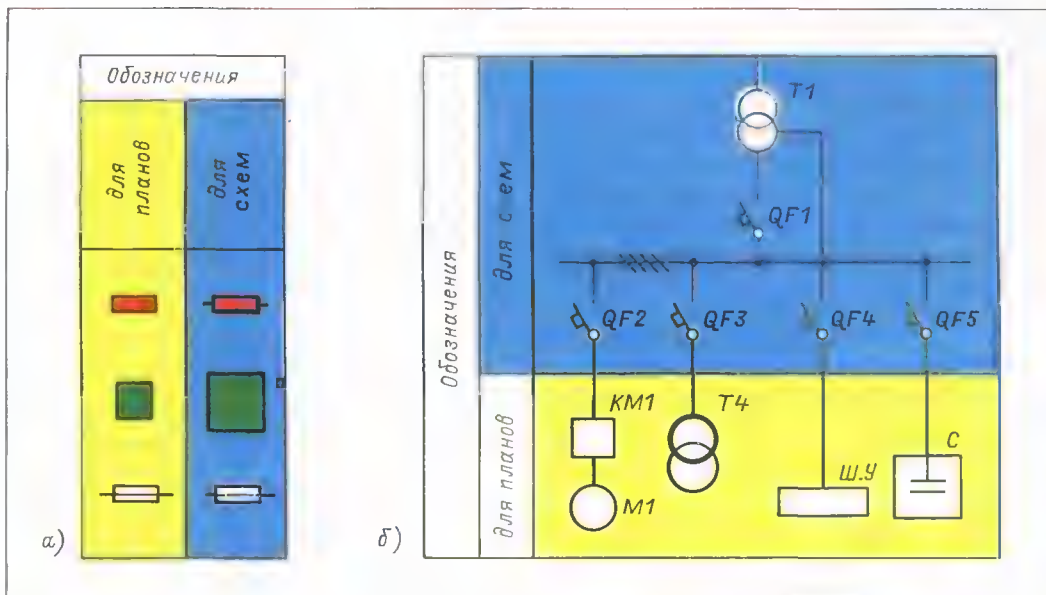


Рис. 1.8. Применение на одном чертеже обозначений из стандартов, имеющих разное назначение, может привести к ошибкам (а). Но если граница между схемой и изображением электрооборудования на плане явно выражена, то применяют для одной части чертежа обозначения для схем, а для другой — для планов (б)

няется в обозначениях для схем. Другая, показывающая электрооборудование в соответствии с его обозначением на плане, выполняется в обозначениях для планов, что иллюстрирует рис. 1.8, б. На этом рисунке в обозначениях для планов изображены: двигатель асинхронный $M1$, трансформатор $T4$ комплектно с выключателем и предохранителями, шкаф управления $ШУ$, шкаф со статическими конденсаторами C . В обозначениях для схем показаны двухобмоточный трансформатор $T1$ с выведенной нейтралью, выключатели автоматические $QF1-QF5$, четыре шины (на линии, изображающей шины, четыре черточки).

Независимо от того, по какому ГОСТ изображен тот или иной элемент устрой-

ства, на всех чертежах и схемах он имеет одно и то же позиционное обозначение, иначе нарушится связь между чертежами. Например, если на плане трансформатор имеет позиционное обозначение $T5$, то точно так же его обозначают на всех схемах, относящихся к данной электроустановке.

1.4. Система построения условных графических обозначений ЕСКД

Условные графические обозначения образуются из простейших геометрических фигур: квадратов, прямоугольников, окружностей, треугольников, а также из сплошных и штриховых линий и точек. Их сочетание по системе, установленной стандартом, дает возможность легко изображать:

электрические машины, аппараты, приборы и их составные части (обмотки, катушки, ротор, статор, магнитопровод, контакты и т. п.);

провода, шины, кабели, их пересечения и соединения;

линии механической связи частей машин, аппаратов и приборов (например, механический привод контакта, механическое соединение ножей многополюсного рубильника, соединение двигателя с генератором и т. п.);

вид соединения обмоток (в звезду, треугольник и т. п.);

род тока (постоянный, переменный), частоту, напряжение, полярность и т. п.

Несоблюдение правил расположения фигур в условных графических обозначениях приводит к искажению смысла. Например, рис. 1.9 показывает, что точка, смотря по тому где она расположена, может обозначать: 1 — соединение проводов a и b ; 2 — нейтральную точку трехфазной обмотки, соединенной в звезду; 3 — выводные концы первичной обмотки трансформатора тока; 4 — начало обмотки; 5 — газовое наполнение баллона ионного прибора, например газотрона; 6 — позиции I, II многопозиционного переключателя, в котором замкнут контакт, введенный в провод (в позиции I замкнут контакт в проводе g , а в позиции II — в проводе e).

Стандарт устанавливает обозначения общего применения, т. е. такие обозначения, которые можно смотря по обстоятельствам графически присоединять к другим обозначениям, чтобы конкретизировать их значение. Обозначения общего применения служат, например, для указания направления движения, механической связи, характера и способа регулирования, вида привода. Рассмотрим наиболее употребительные из этих обозначений, руководствуясь рис. 1.10 и 1.11.

Направление движения (рис. 1.10,а): 1 — прямолинейное одностороннее, в нашем примере вправо; 2 — движение прямолинейное возвратное; 3 — вращательное одностороннее, в нашем примере по часовой стрелке.

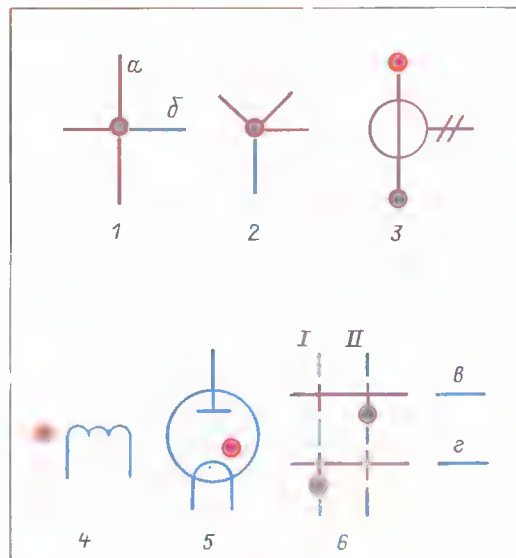


Рис. 1.9. Один и тот же знак (в данном случае точка), в зависимости от того, где он расположен, придает обозначению тот или иной смысл

Механическая связь (линия механической связи) в электрических схемах обозначается штриховой линией 4 (рис. 1.10,а). Штриховая линия служит, чтобы показать: а) связи между элементами электроустановки, например между двигателем и генератором; б) связи между частями элемента, например между катушкой магнитного пускателя и его контактами; в) связи контактов неэлектрических реле с их приводами, например связь контакта с поплавком.

Однако при небольших расстояниях между элементами и их составными частями использовать штриховую линию неудобно, поэтому допускается заменять ее двумя параллельными сплошными линиями 5 (рис. 1.10,а).

Регулирование. Общее обозначение б л и н е й н о г о регулирования, т. е. без конкретизации характера и способа регулирования, показано на рис. 1.10,б.

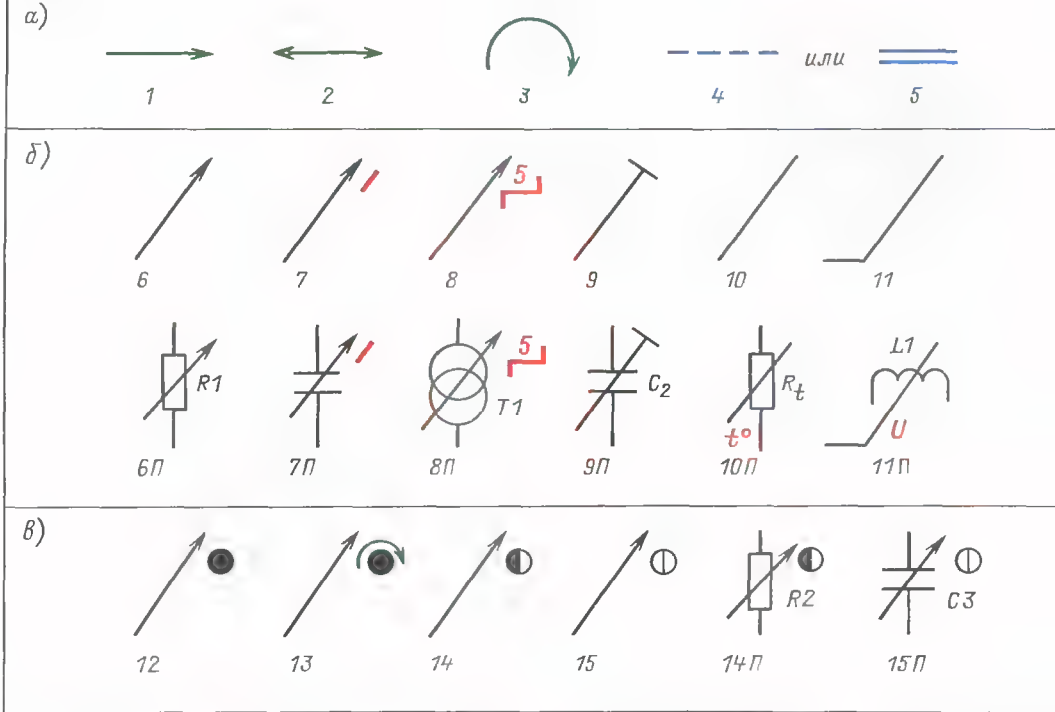


Рис. 1.10. Обозначения общего применения: направление движения, линии механической связи, регулирование

Х а р а к т е р р е г у л и р о в а н и я конкретизируют следующие обозначения: 7 — плавное, 8 — ступенчатое (в нашем примере пять ступеней), 9 — подстроечное. Обозначения 10 и 11 указывают на саморегулирование (т. е. автоматическое регулирование) линейное 10 и нелинейное 11.

Примеры применения обозначений приведены под номерами 6П–11П. Так, пример 6П показывает, что резистор R_1 регулируем, и только; 7П — конденсатор C_1 , емкость которого регулируется плавно (так, например, обозначают конденсатор C_1 переменной емкости для настройки радиоприемника на необходимую станцию); 8П — ступенчатое регулирование напряжения трансформатора T_1 с помощью переключения пяти отводов; 9П — под-

строечный конденсатор C_2 , его емкости подбирается при наладке изделия и фиксируется; 10П — изображение термометра сопротивления, т. е. такого резистора R_t , сопротивление которого плавно изменяется в зависимости от температуры; 11П — катушка L_1 , индуктивность которой определяется значением напряжения U , причем эта зависимость нелинейна.

На способ регулирования указывают обозначения на рис. 1.10, в. Здесь: 12 — регулирование ручкой, выведенной наружу; 13 — то же, но стрелка уточняет, что значение регулируемой величины увеличивается при поворачивании ручки по часовой стрелке; 14 — элемент регулирования (например, ось потенциометра) выведена наружу, однако повернуть ее можно только инструментом; 15 — то же, но ось потенциометра находится внутри устройства.

Примеры применения обозначений приведены под номерами 14П и 15П. Так

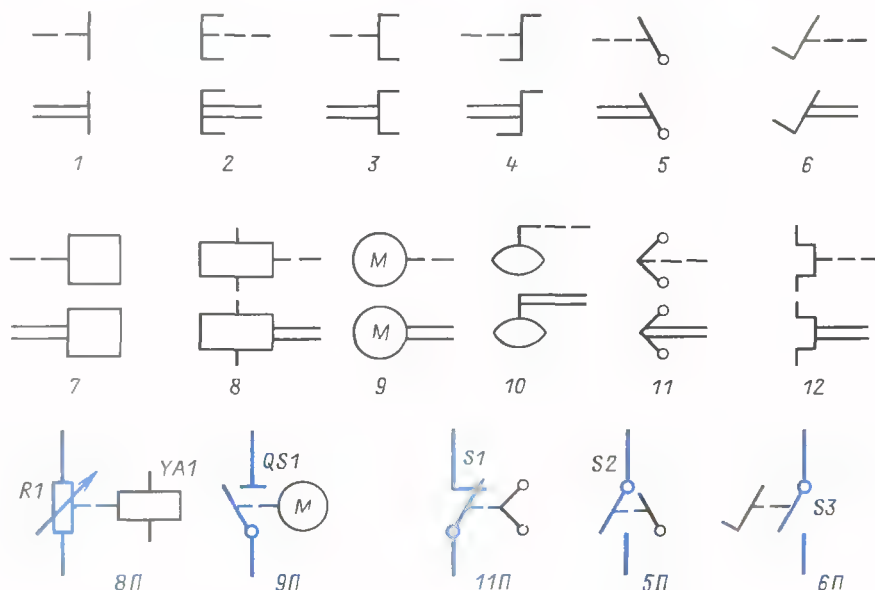


Рис. 1.11. Обозначения общего применения: приводы

пример 14П показывает резистор $R2$, значение сопротивления которого можно установить с помощью инструмента, не вскрывая прибора; 15П – то же, но, чтобы установить нужную емкость конденсатора $C3$, прибор надо вскрыть.

Приводы. Обозначения приводов иллюстрирует рис. 1.11. Здесь: 1 – общее обозначение (т. е. без конкретизации) ручного привода, 2 – привод, приводимый в движение нажатием, 3 – то же вытягиванием, 4 – поворотом кнопки, 5 – рычажный привод, 6 – ножной привод.

Общее обозначение аккумулятора механической энергии (любого привода, кроме ручного) 7, электромагнитного привода 8, электромашинного 9, поплавкового 10, центробежного 11, с помощью биметалла 12.

Примеры применения приведены под номерами 8П, 9П, 11П, 5П и 6П. Пример 8П – регулирование сопротивления резистора $R1$ с помощью электромаг-

та $YA1$; 9П – двигательный привод разъединителя $QS1$; 11П – управление контактом $S1$ с помощью центробежного регулятора (такое устройство применяется, например, в приводе стиральной машины для отключения пусковой обмотки двигателя, при достижении номинальной частоты вращения); 5П – рычажное управление (черные линии) контактом (синие линии) $S2$; 6П – ножной привод (черные линии) контактом (синие линии) $S3$.

П р и м е ч а н и е. На рис. 1.11 каждому номеру 1–12 соответствуют два обозначения: сверху линия механической связи изображена штриховой линией, снизу – двумя сплошными линиями. Оба обозначения равноценны (см. рис. 1.10, а, поз. 4 и 5).

Если в конкретном случае не хватает более простых общих обозначений (чтобы

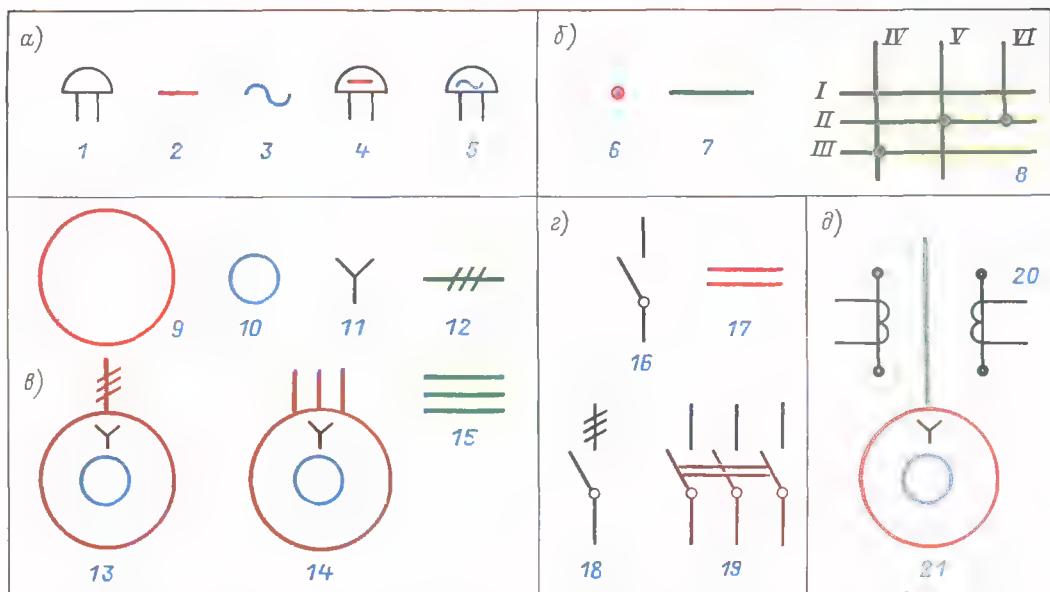


Рис. 1.12. Сочетания общих обозначений с другими образуют более конкретные — производные обозначения

передать необходимые сведения), то применяют производные обозначения. Систему построения производных обозначений иллюстрирует рис. 1.12.

На рис. 1.12,а дано общее обозначение 1 электрического звонка. Если же нужно подчеркнуть род тока, то, вписывая в 1 обозначения постоянного 2 или переменного 3 тока, получают производные обозначения: звонок постоянного 4 и переменного 5 тока.

На рис. 1.12,б показано, что, применяя сочетание электрического соединения 6 и провода 7, легко получить производное обозначение 8, из которого следует, что провода II, V и VI соединены. Соединены также провода III и IV, а провода I и IV, I и V, I и VI, II и IV, III и V не соединены, только пересекаются. Провод VI ответвляется от провода II.

Объединяя на рис. 1.12,в обозначения: обмотки статора 9 вращающейся машины,

короткозамкнутого ротора 10, обозначения 11, которое указывает на соединение трехфазной обмотки в звезду, и обозначение 12 трех проводов (три черточки), изображают асинхронный двигатель 13 с короткозамкнутым ротором. статор которого соединен в звезду.

Если одиолинейного обозначения недостаточно, то применяют многолинейное обозначение. Так, например, провода, шины, кабели и вообще любые линии электрической связи могут быть изображены либо одной линией 12, число черточек на которой указывает число проводов, либо несколькими линиями 15. В качестве примера на рис. 1.12,в даны как однолинейное 13, так и трехлинейное 14 изображенные одного и того же двигателя.

На рис. 1.12,г из общего обозначения 16 выключателя с помощью трех черточек получено однолинейное обозначение 18 трехполюсного выключателя. Сочетание обозначения 16, повторенное 3 раза, с обозначением 17 линии механической связи дало многолинейное обозначение 19.

В ряде случаев достаточно более простого однолинейного обозначения, однако отдельные участки схемы нужно показать подробнее. Тогда для этих участков применяют многолинейное обозначение. Так, на рис. 1.12, д дана однолинейная схема асинхронного двигателя 21, но участок с трансформаторами тока 20 показан в три линии.

Электрические машины, трансформаторы и автотрансформаторы могут быть изображены либо упрощенным способом, однолинейным или многолинейным — форма I, либо развернутым — форма II. В основу изображений положены обозначения обмоток 1 и 2 и видов соединения 3–5 (рис. 1.13, а). Обозначение вида соединения образуется черточками, каждая из которых изображает обмотку одной фазы. Следовательно, 3 — это однофазная обмотка, а 4 и 5 — обмотки трехфазные, которые соединены в звезду и треугольник соответственно.

На рис. 1.13, б показан двухобмоточный трансформатор в однолинейном 6 и многолинейном 7 изображениях в форме I. Первичная обмотка соединена в звезду с выведенной нейтральной точкой, а вторичная — в треугольник. При изображении 8 этого же трансформатора в форме II видны его обмотки и соединения между ними.

Две формы обозначения асинхронного двигателя с фазным ротором иллюстрирует рис. 1.13, в. Статор соединен в треугольник, а ротор в звезду. Упрощенное изображение 9 (форма I) дано в однолинейном изображении. Изображение в форме II приведено в двух вариантах. В варианте 10 обмотка статора показана подробно, а обмотка ротора — упрощенно. В варианте 11 наоборот: обмотка статора изображена упрощенно, а обмотка ротора — подробно. Может быть и третий вариант, при котором обе обмотки показы-

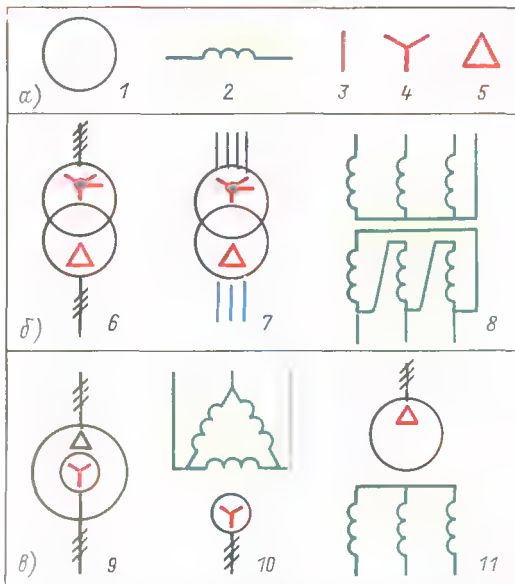


Рис. 1.13. Трансформаторы (автотрансформаторы) и электрические машины изображают либо упрощенным, либо развернутым способом

вают подробно. Все зависит от того, с какой целью выполняют схему.

Условные графические обозначения не отражают конструктивные особенности изделий, но могут подчеркивать их важные эксплуатационные свойства. Чтобы в этом убедиться, рассмотрим рис. 1.14. На рис. 1.14, а показаны три совершенно различные конструкции контактов, причем это далеко не все исполнения. Верхние контакты замыкающие, т. е. они замыкаются при срабатывании аппарата, но размыкаются при возврате. Нижние контакты размыкающие. Они замкнуты, пока аппарат находится в исходном положении, но размыкаются при его срабатывании. Заметим, что на рис. 1.14 принята у с л о в н о с т ь, необходимая для облегчения изложения, а именно: замыкающие контакты обозначены единицей, а размыкающие — двойкой.

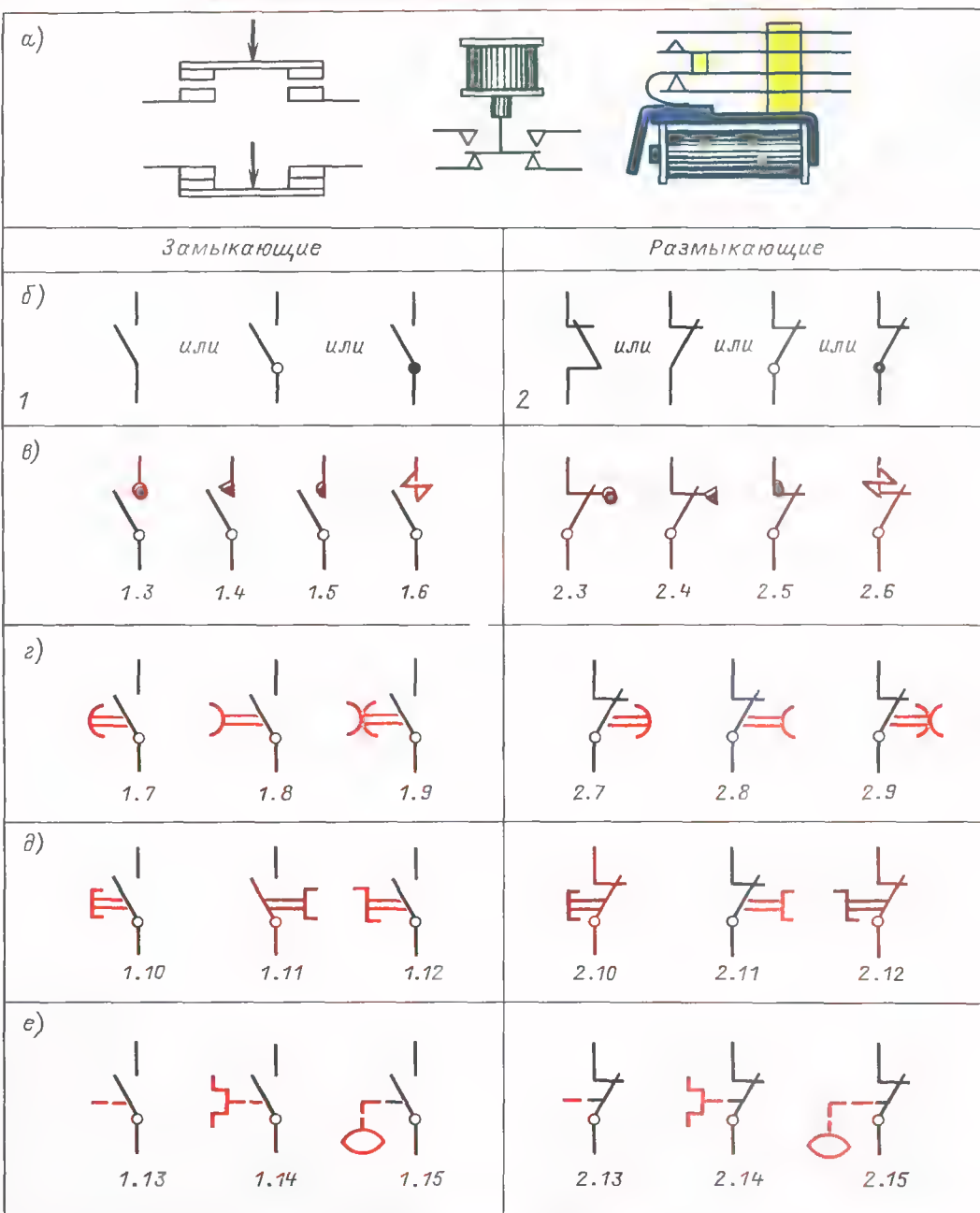


Рис. 1.14. Условные обозначения не отражают конструктивных особенностей изделий, но могут подчеркивать их важные эксплуатационные свойства

На рис. 1.14,б в нескольких вариантах показаны общие обозначения контактов. Все варианты сложились исторически, узаконены и равноценны. *Общие обозначения в любом варианте можно применять в любом случае.* Это верно, но не всегда удобно. Гораздо удобнее, дополнив общее обозначение (придерживаясь, понятно, системы, установленной стандартом), подчеркнуть свойства изделий.

Рассмотрим эти дополнения, обратившись к примерам, которые на рис. 1.14 значатся под номерами 1.3 (2.3)—1.15 (2.15). Здесь 1 указывает на то, что пример относится к замыкающему контакту, а 2 — к размыкающему. Иными словами, 1.6 и 2.6 — это один и тот же пример, но применительно к замыкающему (1.6) и размыкающему (2.6) контактам. Ради облегчения изложения дополнения выделены красным. Ниже, в пояснениях к примерам, упоминаются только замыкающие контакты.

На рис. 1.14,в показаны: контакт без самовозврата 1.3, например контакт выключателя с ручным приводом; 1.4 — контакт с самовозвратом (применять это обозначение для контактов, самовозврат которых очевиден, не следует, подробнее см. § 2.6, рис. 2.33); 1.5 — контакт для коммутации силовоточной цепи, например контакт в цепи обмотки электродвигателя; 1.6 — контакт с дугогасительным устройством, например с камерой магнитного дутья или другим конструктивным элементом, предназначенным для дугогашения.

На рис. 1.14,г изображены контакты, которые с замедлением замыкаются — 1.7, размыкаются — 1.8, и замыкаются, и размыкаются — 1.9.

На рис. 1.14,д показаны выключатели с кнопочным приводом (раньше их называли кнопками), которые замыкаются при нажатии 1.10, вытягивании 1.11 и при повороте кнопки 1.12.

Контакт неэлектрических реле иллюстрирует рис. 1.14,е. В данном случае к обозначению линии механической связи присоединены обозначения приводов (см. рис. 1.11). Так, например, 1.14 — это контакт, переключаемый с помощью биметалла, т. е. контакт электротеплового реле например реле, которое служит для защиты электродвигателя от перегрузки; 1.15 — контакт поплавкового реле.

А что же обозначает 1.13? Такое обозначение применяется часто. Оно указывает только на то, что контакт связан с каким-либо приводом, т. е. принадлежит неэлектрическому реле. В этом случае, чтобы получить более подробные сведения, нужно обратиться к перечню элементов.

Теперь, после ознакомления с системой построения условных графических обозначений и определив их назначение, особенности и возможности, настало время конкретизировать полученные сведения, чему и посвящены гл. 2 и 3. Но прежде подчеркнем, что:

а) условные графические обозначения показывают только то, что нужно для конкретного дела, без излишней детализации. Например, на схеме, предназначенной для эксплуатационного персонала, обмотку электрической машины (трансформатора) изображают просто окружностью. Другой пример: усилитель изображают в виде прямоугольника с присоединенными к нему проводами "вход", "выход" и "питание", а то, что находится внутри усилителя, не показывают, так как эксплуатационному персоналу это совершенно безразлично. Совсем другая схема усилителя нужна ремонтникам. На ней подробно показано все, что находится внутри усилителя, но опущено его присоединение к электроустановке;

б) все, что само собою понятно, на схемах показывать не нужно. Например, совершенно очевидно, что контакты обычного нейтрального реле имеют самовозврат, значит,

его не нужно подчеркивать. Другое дело, если изображается более сложный аппарат, у которого один контакт имеет самовозврат, другой без самовозврата, третий импульсный и т. п. В этих случаях эксплуатационные свойства контактов следует подчеркнуть, используя для этого соответствующие обозначения (см. ниже рис. 2.33).

Стандарты ЕСКД, на которых базируется дальнейшее изложение

ГОСТ 2.701–84. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

ГОСТ 2.702–75*. Правила выполнения электрических схем.

ГОСТ 2.709–72*. Система маркировки цепей в электрических схемах.

ГОСТ 2.710–81. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.

ГОСТ 2.721–74*. Обозначения общего применения.

ГОСТ 2.722–68*. Машины электрические.

ГОСТ 2.723–68*. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.

ГОСТ 2.727–68*. Разрядники; предохранители.

ГОСТ 2.728–74*. Резисторы; конденсаторы.

ГОСТ 2.729–68**. Приборы электроизмерительные.

ГОСТ 2.730–73*. Приборы полупроводниковые.

ГОСТ 2.731–81. Приборы электровакуумные.

ГОСТ 2.732–68*. Источники света.

ГОСТ 2.741–68*. Приборы акустические.

ГОСТ 2.742–68*. Источники тока электрохимические.

ГОСТ 2.743 – 82*. Элементы цифровой техники.

ГОСТ 2.748–68*. Обозначения условные графические электростанций и подстанций в схемах электроснабжения.

ГОСТ 2.750–68. Род тока и напряжения; виды соединения обмоток; формы импульсов.

ГОСТ 2.751–73*. Электрические связи, провода, кабели и шины.

ГОСТ 2.754–72*. Обозначения условные графические электрического оборудования и проводов на планах.

ГОСТ 2.755–74*. Устройства коммутационные и контактные соединения.

ГОСТ 2.756–76*. Воспринимающая часть электромеханических устройств.

Примечание. С 1987 г. ГОСТ 2.748–68* и ГОСТ 2.754–72* отменены. Однако установленные ими обозначения применялись длительное время, в связи с чем они объяснены в гл. 3.

Обозначения условные графические для электрических схем

2.1. Провода, шины, кабели

В этой главе подробно рассмотрены обозначения, предназначенные для схем. Обозначения электрооборудования и проводов на планах рассмотрены в гл. 3.

Для удобства изложения обозначения разделены на несколько групп, каждой из которой посвящен отдельный параграф.

После описания наиболее употребительных обозначений каждой группы следуют относящиеся к ней упражнения с контрольными вопросами и обстоятельными ответами для самопроверки.

Провода, шины, кабели и вообще любые линии электрической связи¹ обозначают чертой 1 (рис. 2.1). Но шины обычно толще, причем распространены два варианта обозначений: 2 и 3. Однако вариант 3 — он обведен волнистой линией — устарел. В трехфазной системе 16 с нейтралью *N* шины фаз *A*, *B*, *C* толще шины нейтрали *N*. Однако несколько лет тому назад нейтральную (по старой терминологии нулевую)

шину изображали не более тонкой, а штриховой линией 17. Такое обозначение можно встретить в старых книгах и документах. В настоящее время штриховой линией обозначают экран (см. ниже рис. 2.2).

Электрические соединения бывают неразборными, разборными и разъёмными. Неразборное соединение 4 обозначают точкой. Такие соединения выполняют пайкой, сваркой, опрессовкой. Для обозначения соединения, если не требуется подчеркнуть его характер, как, например, в принципиальных схемах, также употребляют точку.

Разборное соединение 5, выполняемое с помощью винтов, зажимов, обозначают кружком. Рядом показано старое, отмененное обозначение разборного соединения 6 — оно обведено волнистой линией.

Разъёмное соединение — разъём изображают двумя способами: 18 и 21. Разъём состоит из штыря 19 (штыревой части разъема 22) и гнезда 20 (гнездовой части разъема 23). Но обозначение 18 — разъём однопроводный, а 21 — многопроводный. Следовательно, 22 это не штырь, а несколько штырей на общем изолирующем основании, а 23 — соответствующая ему гнездовая часть разъема. Обозначение 21 дополняют табличкой, в которой перечислены (перенумерованы) все цепи. Пример таблички рассмотрен ниже на рис. 2.4 в упражнении 2.3.

¹ Линия электрической связи — понятие обобщенное. В простейшем случае это провод, соединяющий два элемента электроустановки (например, резистор и лампу) или части элемента (например, контакт с катушкой). В сложных случаях под линией электрической связи подразумевается весь тракт, например соединения двух абонентов АТС.

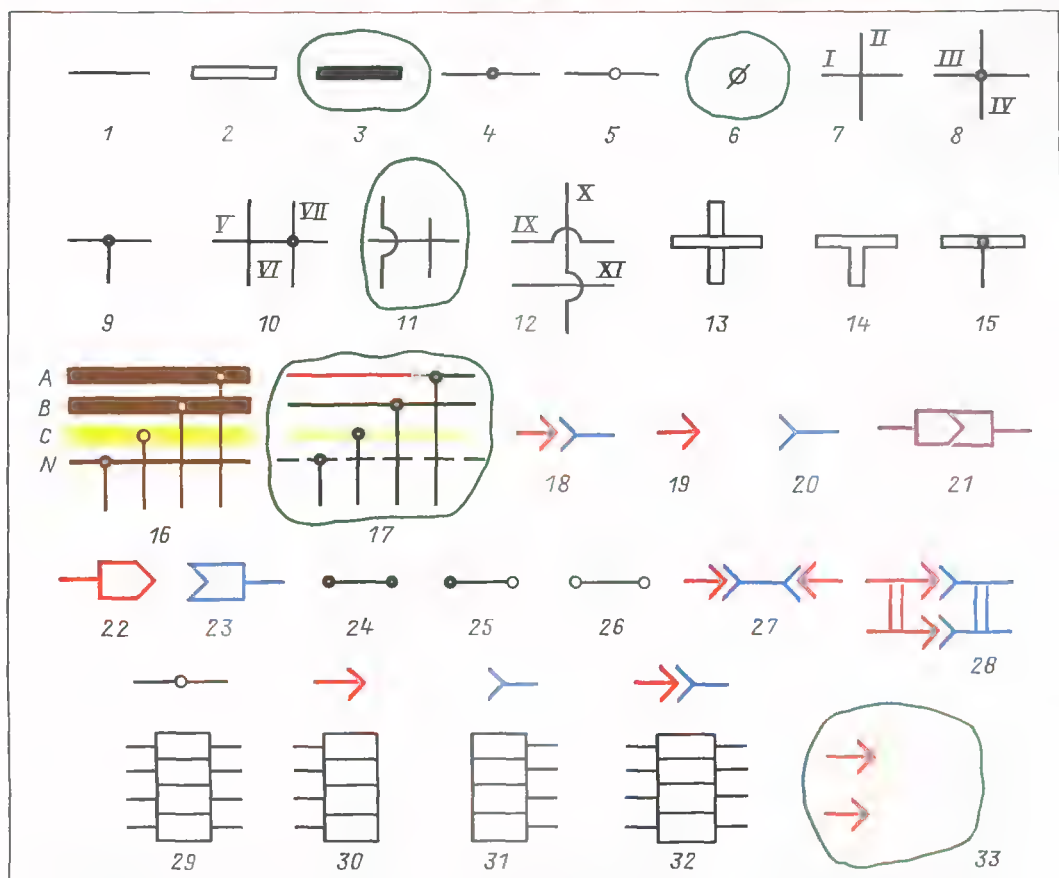


Рис. 2.1. Графические соединения и пересечения проводов, шин и кабелей

Контактные перемычки: 24 — неразборная, 25 — с одним неразборным (точка) и одним разборным (кружок) контактами; 26 — с обоими разборными контактами; 27 — перемычка коммутационная с разъёмными контактами.

Сравним обозначения 28 и 33. Они изображают одно и то же: двухполюсный разъем, но 28 — современное обозначение, в котором черные линии — это механическая связь. А в обозначении 33 на механическую связь указывает штриховая линия. Обозначение 33, обведенное волнистой ли-

нией, устарело. Примером исполнения двухполюсного разъема может служить сочетание вилки и розетки в осветительной сети.

Графическое пересечение, соединение и ответвление проводов и шин: 7 — провода I и II графически пересекаются (нет точки), 8 — провода III и IV соединены (точка), 9 — провод ответвляется от провода. Аналогично: 13 — шины графически пересекаются, 14 — шина ответвляется от шины, 15 — провод ответвляется от шины.

Под номером 11 показаны ошибки, встречающиеся в старых книгах и схемах, прилагаемых к старым бытовым электроприборам. Ошибки состоят в том, что на

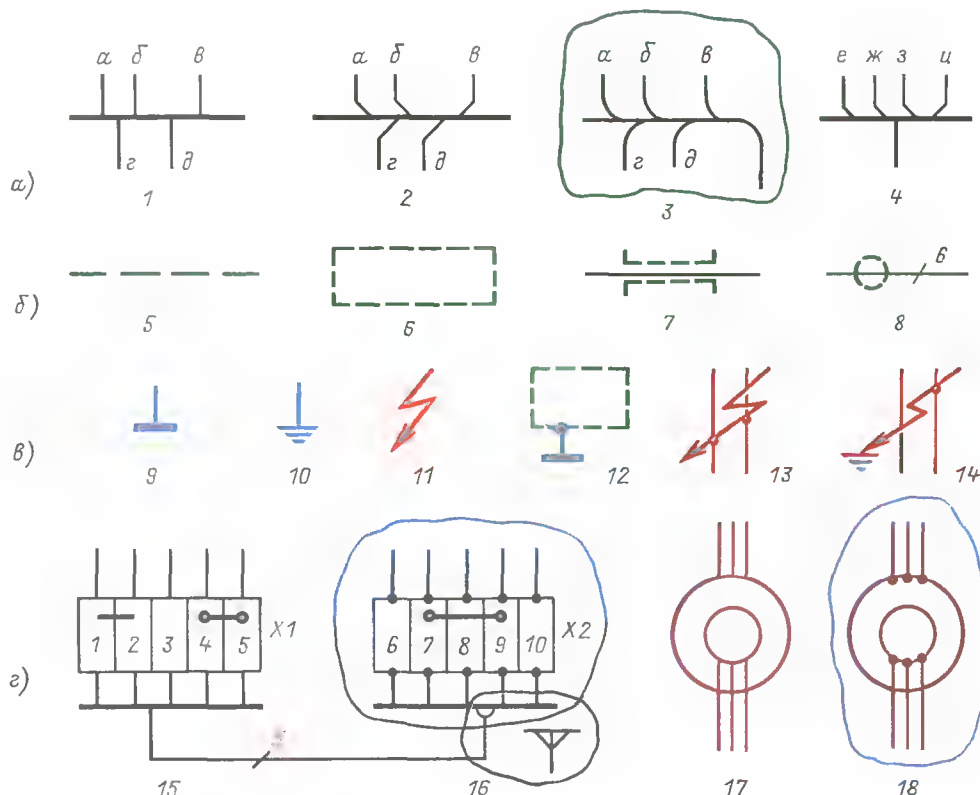


Рис. 2.2. Слияние и разветвление проводов и жил кабелей. Экранирование

одном из пересекающихся проводов рисуют полуокружность, а в месте соединения проводов пропускают точку. Правильно изображение 10.

Между тем, изображение полуокружности при пересечении проводов правомерно и употребительно и имеет вполне определенный смысл. Полуокружность показывает, какой из проводов должен быть расположен выше. Так, в обозначении 12 провод IX проходит над проводом X, а провод XI — под ним.

¹ При выполнении схем автоматическим способом зачернение затруднительно. Поэтому допускаются точки заменять кружками.

В принципиальных схемах иногда для красоты рисуют вместо точек кружки. Это неверно, за исключением случаев, когда надо подчеркнуть, что соединение разборное¹. Есть и другие причины, по которым целесообразно пользоваться кружками — примеры даны в § 4.4, упражнение 4.8 и рис. 4.7.

Рассмотрим несколько употребительных изображений: 16 — провода отводятся от шины, но присоединение проводов изображено кружками, а не точками. Ошибка? Нет: просто на толстых линиях точки плохо

видны. Если же изображения шин не залиты, то присоединение к ним изображают точкой — 15.

Один из способов изображения контактов соединений иллюстрируют 29—32. Здесь 29 — соединение разбournое: провода к нему подведены с обеих сторон; 30, 31 и 32 — соединение разъемное: 30 — его штыревая часть, а 31 — гнездовая. Обратите внимание: провода к ним подходят с разных сторон; 32 — разъемное соединение собрано.

Слияние и разветвление проводов и жил кабелей. Групповые линии электрической связи иллюстрирует рис. 2.2,а. Под номерами 1—4 показаны различные употребительные изображения слияния проводов а—и в жгут, кабель или, в общем случае, в групповую линию связи. Обратите внимание: а) в этих обозначениях нет точек, так как провода друг от друга изолированы; б) линия групповой связи в обозначениях 1, 2 и 4 толще, но при выполнении схем автоматическим способом ее допускается не утолщать.

Обозначение 1 неудобно и употребляется редко. Дело в том, что при нескольких кабелях, подходящих к ряду зажимов, легко ошибиться: "перевести" или "недовести" линию, т. е. попасть не в тот жгут (кабель), что требуется. Поэтому обозначения 2 и 3 (устарело) удобнее.

В обозначении 4 провода е—и — это жилы кабеля. Чтобы это подчеркнуть, иногда изображают разделку кабеля в виде полукруглости (устарело) или треугольника 16. Обозначение треугольником соответствует стандарту СЭВ и, следовательно, действует в СССР.

Экранирование. Для предотвращения влияния магнитных и электростатических полей на провода и приборы применяют их экранирование, т. е. защищают провод, прибор, кабель металлической оболочкой — экраном.

Экран 5 на схемах изображают штрихо-

вой линией (рис. 2.2,б). В штриховой прямоугольник 6 заключают экранируемую часть электроустановки, например катушку реле. Обозначение 7 — это провод или кабель, экранированный частично, а 8 — группа из шести линий электрической связи в общем экране. Обозначение экранирования — штриховая окружность — показано в начале кабеля. Оно же может быть показано в конце, а при необходимости в промежутках между концом и началом экранируемого кабеля.

Иногда около изображения экрана пишут букву Е (раньше писали Си — медь), если экранирование электростатическое, или Н (раньше писали Fe — железо), если экранирование электромагнитное.

Соединения с корпусом и "землей". Повреждение изоляции. Металлические нетоковедущие части электрических машин и аппаратов, каркасы щитов и пультов, трубы, в которых проложены провода и кабели, заземляют или зануляют. В ряде случаев корпуса и конструкции используют как части электрической цепи. Так, например, в сетях с глухозаземленной нейтралью (в случаях питания катушек магнитных пускателей от фазы и нейтрали, когда это допустимо) один из выводов катушки внутри пускателя присоединяют к его заземленному корпусу.

Если нужно подчеркнуть соединение с корпусом (т. е. если оно не очевидно, а требуется, например, для действия электрической защиты), то употребляют обозначение 9 (рис. 2.2,в). Например, 12 изображает соединение экрана с корпусом.

Обозначение заземления 10 применяется, если заземление (зануление) не очевидно или либо для создания условий нормальной эксплуатации, либо как средство электробезопасности. Однако заземление или же недопустимое соединение между проводниками может наступить из-за повреждения. Обозначение повреждения изоляции — 11. Его применение иллюстри-

руют: 13 — изоляция повреждена между проводами и 14 — в результате повреждения произошло соединение провода с "землей".

Присоединение к аппаратам, приборам и электрическим машинам иллюстрирует рис. 2.2, г. Обозначать электрическое соединение, т. е. ставить точки (кружки), нужно только в тех случаях, если могут возникнуть сомнения, присоединен проводник или нет. Если же место присоединения безусловно, то точку (кружок) не ставят. Так, например, под номерами 15 и 16 показано соединение между рядами зажимов XI и $X2$ с помощью пятижильного кабеля (на линии, изображающей кабель, сделана засечка и около нее написана цифра 5 — пять жил).

Провода и жилы кабеля к ряду зажимов $X1$ присоединены без точек.

Это верно, так как присоединение очевидно.

В ряду зажимов $X1$ показаны две перемычки: между зажимами 1 и 2 — без точек и между зажимами 4 и 5 — с точками. Соединенные зажимы расположены рядо м. Значит, точки не нужны и, следовательно, перемычка 1–2 показана верно, а перемычка 4–5 — неверно. Иное дело перемычка в ряду $X2$ между зажимами 7 и 9. Здесь без точек обойтись нельзя, так как между соединенными зажимами есть зажим 8, который с ними не соединяется.

Рассмотрим присоединение к статору (окружность большего диаметра) и ротору (окружность меньшего диаметра) электродвигателя с фазным ротором. Присоединение 17 — без точек — верно, присоединение 18 — с точками — неверно. Почему? Потому что других вариантов присоединения к статору и ротору быть не может.

Теперь настало время закрепить и расширить полученные сведения, выполнив упражнения 2.1–2.4.

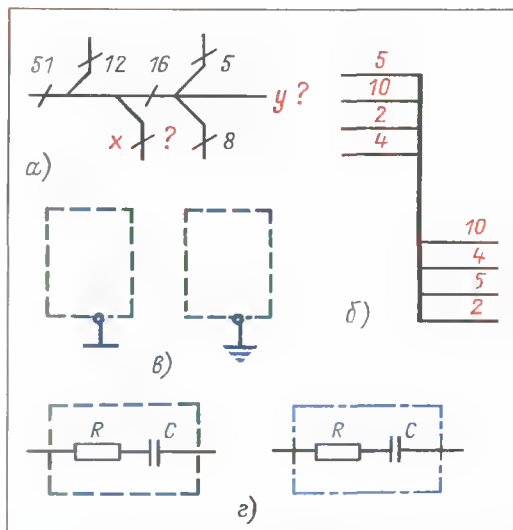


Рис. 2.3. Примеры применения обозначений. К упражнению 2.2



Упражнение 2.1

Ответить на вопросы. 1. Какие провода и шины изображают на схемах: изолированные или неизолированные? 2. Что подчеркивает слово графическое слияние (разветвление, излом и т. д.) электрических линий связи? 3. Можно ли многожильный кабель назвать групповой линией связи?



Ответы

1. Изображают изолированные провода и шины даже и в том случае, если они не покрыты слоем изоляции, как, например, линии воздушных линий. Дело в том, что эти провода от "земли" изолированы изоляторами, а друг от друга — слоем воздуха.

2. Слово графическое подчеркивает, что речь идет только об изображении, но не о фактическом расположении проводов. Так, например, провода могут быть фактически проложены раздельно, но в одном направлении. А изобразить их можно, слив в одну линию, чтобы освободить место на схеме.

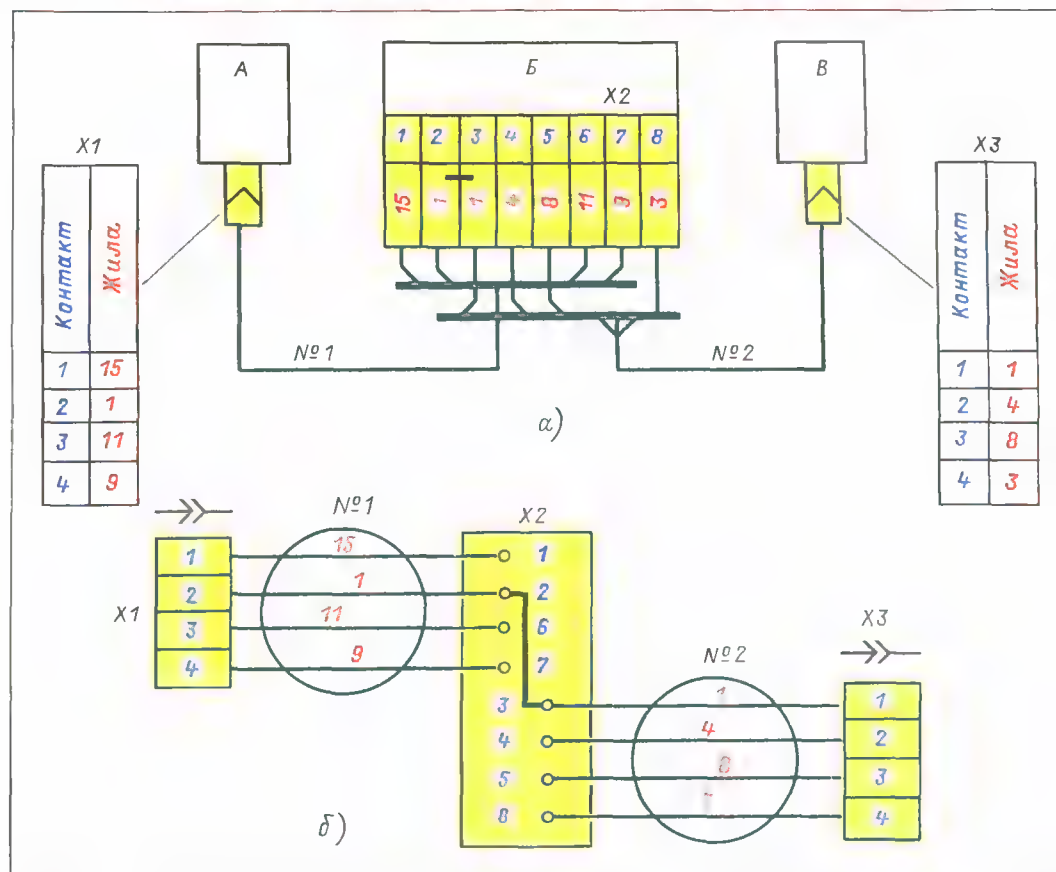


Рис. 2.4. Примеры применения обозначений.
К упражнению 2.3

чается левое изображение на рис. 2.3,2 от правого?

3. Кабель, равно как и жгут проводов, типичный пример групповой линии связи.



Ответы

Упражнение 2.2

Выполним, воспользовавшись рис. 2.3.

Ответить на вопросы. 1. Что изображено на рис. 2.3,а? Что обозначают на нем цифры у засечек? Что должно быть написано вместо букв x и y ? 2. Что изображено на рис. 2.3,б? Что обозначают красные цифры? В каком порядке сливаются и разветвляются проводники в линию групповой связи? 3. Чем отличается левое изображение на рис. 2.3,в от правого? 4. Чем отли-

1. Жгут проводов с ответвлениями. Цифры у засечек — количество жил в ответвлениях. Вместо букв x и y нужно написать 7 и 3 соответственно, так как в нашем примере $x + y = 51 - (12 + 16 + 5 + 8) = 10$; $y = 16 - (5 + 8) = 3$; $x = 10 - 3 = 7$.

2. Слияние (сверху) и разветвление (снизу) четырех проводов в групповую линию электрической связи. Красные цифры — марки жил. Жилы при слиянии расположены в порядке 5-10-2-4 — счет сверху, а при разветвлении — в порядке 10-4-5-2

3. Слева — экран соединен с корпусом, справа — с "землей".

4. На левом рисунке резистор R и конденсатор C экранированы, так как штриховой контур — это изображение экрана. Справа R и C просто выделены, чтобы подчеркнуть, что они находятся в одном блоке. Они обведены не штриховой, а штрихпунктирной линией.

Упражнение 2.3

2.3. На рис. 2.4, *а* изображены изделия A , B и B . Изделие A присоединено с помощью разъема $X1$, изделие B — через разъем $X3$. Изделие B заканчивается рядом зажимов $X2$. На рис. 2.4, *б* эта же схема развернута. Ответить на вопросы. 1. Что в табличках, относящихся к разъемам и в ряду зажимов, означают синие и красные цифры? 2. Что такое № 1 и № 2? 3. Как выполнен рис. 2.4, *б*?

Ответы

1. Синие цифры — порядковые номера контактов (выводов) разъемов и зажимов. Красные цифры — марки проводов.

2. Жгут проводов № 1 соединяет изделия A и B . Кабель № 2 соединяет изделия B и B . В данном случае на кабель указывает изображение его разделки (см. рис. 2.2, обозначение 16).

3. Рисунок 2.4, *б* выполнен следующим образом. Сначала изображены разъемы $X1$ и $X3$ (способом, который иллюстрирует обозначение 32 на рис. 2.1) и перенумерованы их контакты 1–4. Затем показан ряд зажимов $X2$ и перенумерованы его выводы 1–8. Далее, обратившись к табличке у разъема $X1$, видим, что к его контакту 1 присоединен провод с маркой 15, который через жгут № 1 соединен с зажимом 1 в ряду $X2$. Это соединение и показано на рис. 2.4, *б* — верхняя левая зеленая линия, над которой написана марка 15.

Проследим еще одно соединение: от контакта 1 разъема $X3$ до контакта 2 разъема $X1$. Это соединение выполнено следующим образом. Контакт 1 разъема $X3$ через жилу 1 кабеля № 2 присоединен к зажиму 3 ряда $X2$ и через перемычку между зажимами 2 и 3 поступает в провод 1 жгута № 2, с помощью которого присоединяется к контакту 2 разъема $X1$. Таким образом, зеле-

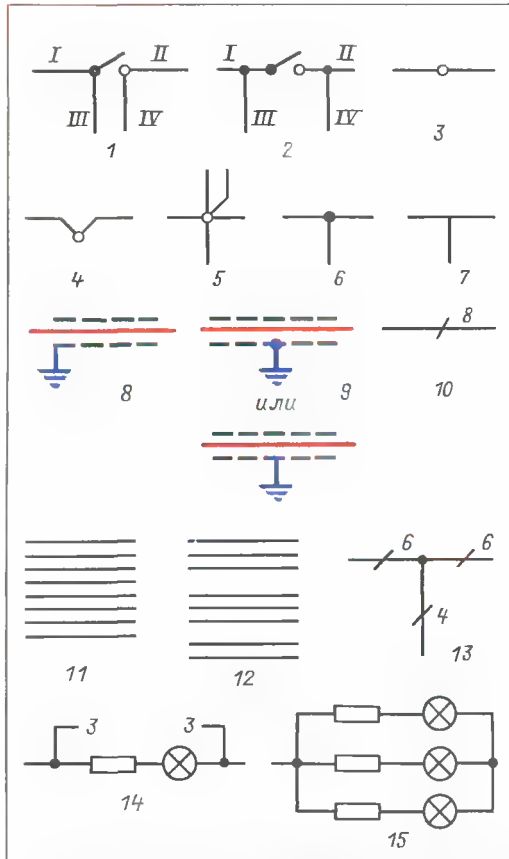


Рис. 2.5. Примеры применения обозначений. К упражнению 2.4

ные линии — это жилы жгута № 1 и кабеля № 2, а красные цифры над ними — марки жил.

Упражнение 2.4

Обратившись к рис. 2.5, ответить на вопросы. 1. Под номерами 1 и 2 изображено одно и то же, а именно отвлечение проводов III и IV от проводов I и II соответственно. Какое изображение правильно? 2. Что изображают 3, 4 и 5? 3. Какая разница в обозначениях 6 и 7 и верно ли обозначение 7? 4. Чем различаются обозначения 8 и 9? 5. Что обозначают 10, 11 и 12? 6. На что указы-

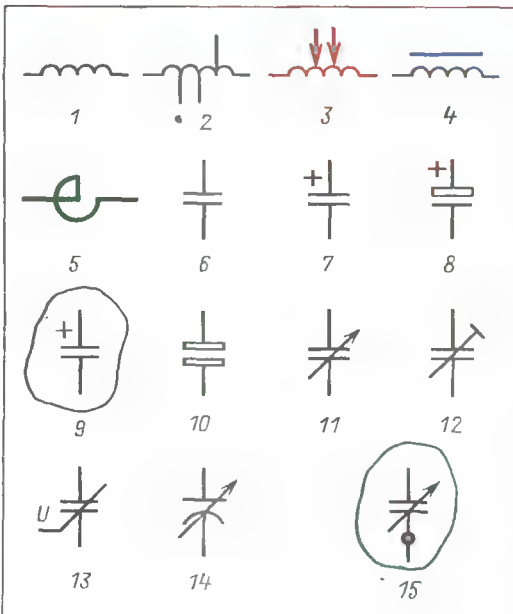


Рис. 2.6. Дроссели, реакторы, конденсаторы

вают цифры 6 и 4 у засечек в обозначении 13? 7. Чем различаются обозначения 14 и 15?



Ответы

1. Правильно изображение 2. Ошибка в изображении провода 1 состоит в том, что ответвляющиеся провода графически присоединены непосредственно к выводам изделия, а это недопустимо.

2. Подключение к одной точке электрического соединения двух проводов – 3 (или 4), пяти проводов – 5.

3. Оба обозначения изображают одно и то же: ответвление провода. Обозначение 7 (без точки) тоже верно, так как оно в данном случае не может быть неверно истолковано.

4. Различаются местом заземления экрана: с одного конца 8, или в середине – 9.

5. Все изображения – это одно и то же, а именно группа линий электрической связи из восьми проводов. Но 10 – это однолинейное изображение, а 11 – многолинейное. Для облегчения поиска нужной линии допускается разбивать

группу на подгруппы при помощи интервалов. Этот прием иллюстрирует 12.

6. Под номером 13 показана группа из шести линий электрической связи (из шести проводов). От четырех из них сделаны ответвления.

7. Под номерами 14 и 15 показано одно и то же – линия электрической связи из трех одинаковых параллельных цепей. Однолинейное изображение 14 проще.

2.2. Дроссели, конденсаторы, резисторы¹

Дроссели. На рис. 2.6 показаны: катушка индуктивности без магнитопровода 1, то же с отводами 2, со скользящими контактами (например, двумя) 3, дроссель с ферромагнитным магнитопроводом 4, реактор 5. Обозначение 5 применяется в схемах электроснабжения. Катушки индуктивности могут иметь не только ферромагнитные магнитопроводы, как у дросселей, но и магнитопроводы со специальными свойствами. Они рассмотрены ниже при описании обозначений трансформаторов и автотрансформаторов (см. рис. 2.18,б).

Конденсаторы. На рис. 2.6 показаны конденсаторы постоянной емкости: общее обозначение 6, поляризованный 7, электролитические поляризованный 8 и 9 и неполяризованный 10 (обозначение 9 устарело), общее обозначение конденсатора переменной емкости 11, подстроечного 12, вариконда 13, т. е. конденсатора с нелинейной зависимостью емкости от напряжения.

Если нужно показать подвижную обкладку конденсатора (его ротор), то ее изображают в виде дуги 14. В устаревшем обозначении 15 вместо дуги ставили точку.

Резисторы. На рис. 2.7 показан постоянный (нерегулируемый) резистор 1 и резистор с дополнительными отводами 2. Чтобы

¹ Резистор, конденсатор, дроссель – это изделия, а сопротивление, емкость, индуктивность – физические величины.

показать разомкнутую позицию резистора, применяют обозначение 5.

Сочетание обозначения 1 с обозначениями, приведенными выше на рис. 1.10,б и в, дает возможность изобразить 3 и 4 — переменный резистор (общее обозначение), а также подчеркнуть характер регулирования: плавное 6 и 7 или ступенчатое 8 и 9. Здесь буква *n* заменяется цифрой, указывающей число ступеней. В примере 10 ступенчатое регулирование накала лампы достигается переключением отводов.

На рис. 2.7 11 — это переменный резистор с нелинейным регулированием, на что указывает излом в обозначении регулирования. Если же обратиться к изображению 12, то в нем конкретизированы как характер регулирования, так и способ его осуществления. В данном случае регулирование пропорционально натуральному логарифму x ($\ln x$) и выполняется рукояткой, выведенной наружу (см. рис. 1.10,в). Логарифмическая зависимость достигнута благодаря намотке проволоки на основание 13, которому придана соответствующая форма.

Среди стандартов ЕСКД есть ГОСТ, устанавливающий обозначение нагревателей, устройств и установок электротермических. Но этот ГОСТ не распространяется на обозначения условные графические электронагревательных приборов, электроотопления помещений и строительства энергетических установок. В перечисленных случаях надлежит применять обозначение элементов нагревательных 14 по рис. 2.7.

Для обозначения саморегулирования (автоматического регулирования) применяют наклонную черту без стрелки (см. рис. 1.10,б). Следовательно, на рис. 2.7 15 и 16 — это линейное плавное саморегулирование, 17 — линейный терморезистор (термометр сопротивления), 18 — линейный тензорезистор: его сопротивление прямо пропорционально давлению p , а 20 — нелинейный тензорезистор.

На рис. 2.7 приведены три примера обозначений нелинейных терморезисторов: 21 — прямого подогрева с положительным температурным коэффициентом (t°); 22 — то же, но с отрицательным температурным коэффициентом ($-t^\circ$) и 23 — терморезистор косвенного подогрева. Здесь красная дужка — обозначение подогревателя.

Подстроечный резистор 24 служит, чтобы в процессе наладки какого-либо прибора, например телевизора, установить нужное положение хомутика на регулируемом резисторе. И, наконец, под номером 19 дано общее обозначение фоторезистора, т. е. такого резистора, сопротивление которого изменяется под действием света. Здесь обозначение резистора заключено в окружность, изображающую корпус полупроводникового прибора, а стрелки, к нему направленные, указывают на фотоэлектрический эффект.

Номинальная мощность рассеяния — очень важная величина. Если она превышена, то резистор перегревается, срок его службы сокращается, он может даже сгореть. Поэтому на схемах иногда указывают значения номинальной мощности, превышать которые нельзя. Так, под номерами 25—30 слева направо обозначены номинальные мощности: 1; 2; 5 (римские красные цифры I, II и V); 0,5; 0,25; 0,125 Вт. Римские цифры применяются при мощностях до 5 Вт.

Псевдоэлементы. На расчетных и эквивалентных схемах фактически распределенные параметры сетей и электрооборудования, а именно сопротивление изоляции, емкость, индуктивность линий, изображают как резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности соответственно. Эти изображения называются псевдоэлементами в отличие от собственно элементов схем, которыми являются изделия.

Характерные случаи применения обозначений. На рис. 2.8,а дана схема электро-

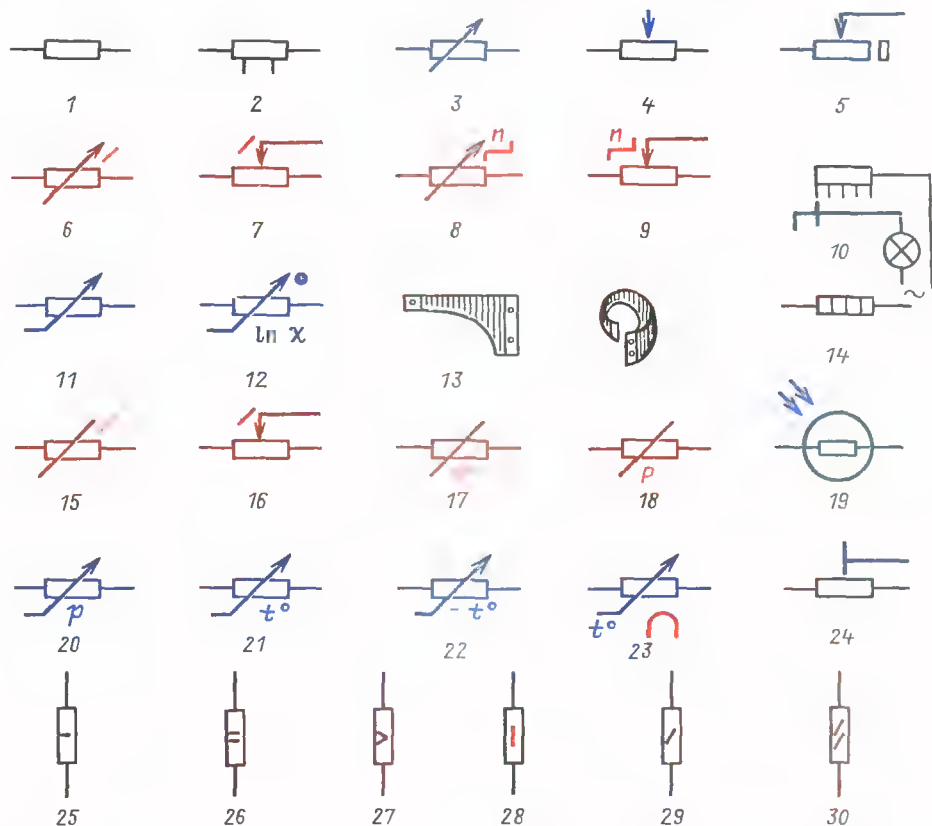


Рис. 2.7. Резисторы

секундомера, добавочный резистор $R1$ которого имеет отводы для включения электросекундомера в сети 127 и 220 В.

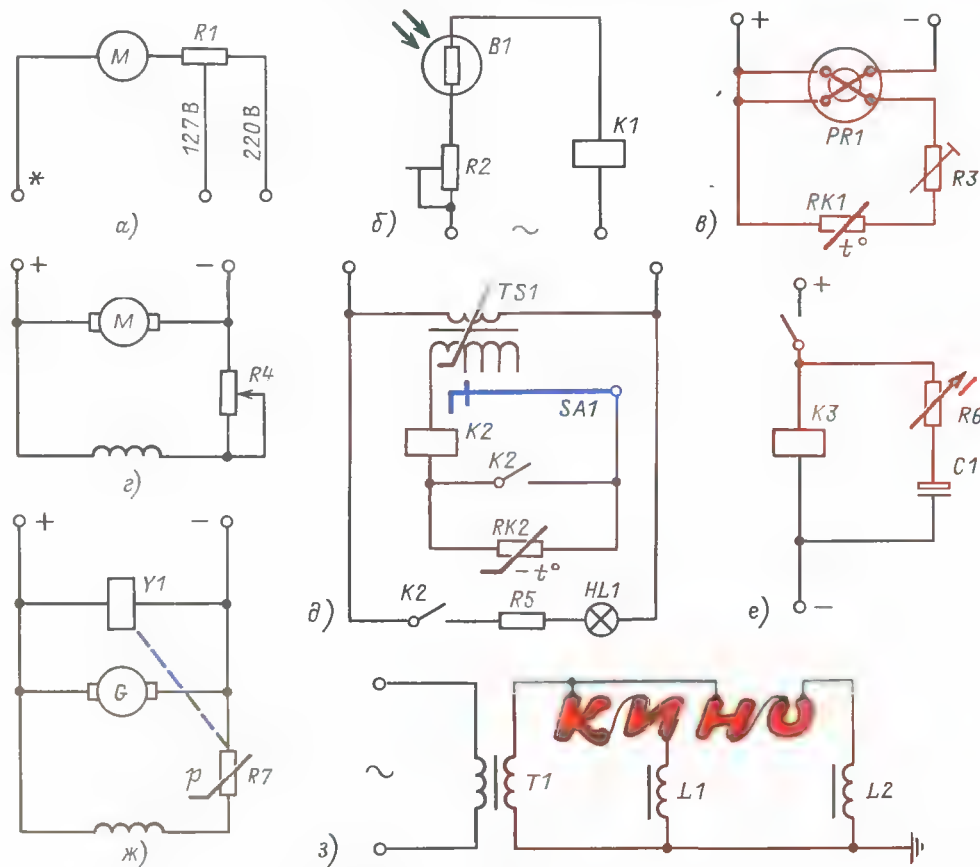
На рис. 2.8,б показан фоторезистор $B1$, включенный последовательно с катушкой реле $K1$ и подстроечным резистором $R2$.

Измерение температуры с помощью терморезистора — термометра сопротивления $RK1$ показано на рис. 2.8,в. Измерительным прибором служит логометр $PR1$ (подробнее см. рис. 2.50). В цепь его рабочей обмотки введен подстроечный резистор $R3$. С его помощью сопротивление линии уста-

навливается таким, при котором произведена градуировка прибора.

На рис. 2.8,г показан регулируемый резистор $R4$ — шунтовой реостат — в цепи обмотки возбуждения двигателя M .

Устройство для сигнализации о повышении температуры показано на рис. 2.8,д. Реле $K2$ включено последовательно с полупроводниковым терморезистором $RK2$ и получает питание от трансформатора-стабилизатора напряжения $TS1$. Терморезистор помещен в обмотку двигателя (подшипниковый щит, бак с маслом, одним словом, в среду, температура которой контролируется). Напряжение вторичной обмот-



ки $TS1$ подобрано таким образом, что при нормальной температуре и ниже теплота, выделяющаяся в терморезисторе проходящим по нему током, отводится контролируемой средой. При этом сопротивление настолько велико, что реле $K2$ сработать не может. Однако даже небольшое повышение температуры среды нарушает тепловое равновесие и температура терморезистора повышается. В результате уменьшается сопротивление, что в свою очередь приводит к увеличению тока. Увеличившийся ток еще сильнее разогревает терморезистор, ток еще больше возрастает и через несколько секунд реле срабатывает.

Рис. 2.8. Примеры применения обозначений резисторов, конденсаторов и дросселей. К упражнению 2.5

Один из способов замедления отпуска реле $K3$ током разряда электролитического конденсатора $C1$ иллюстрирует рис. 2.8,е (подробнее см. § 7.2).

На рис. 2.8,ж в цепь обмотки возбуждения генератора G включен угольный столб — тензорезистор $R7$ регулятора напряжения, на который через систему рычагов действует электромагнит $Y1$. Давление p , развиваемое электромагнитом, зависит от напряжения генератора, а сопротивление угольного столба — от дав-

ления. Рычажная система собрана таким образом, что при снижении напряжения генератора сопротивление угольного столба уменьшается, в результате чего ток возбуждения возрастает и, следовательно, напряжение повышается. Так в принципе устроены угольные регуляторы напряжения.

Изображение дросселей $L1$ и $L2$ иллюстрирует рис. 2.8,з.



Упражнение 2.5

Выполним, руководствуясь рис. 2.8.

Ответить на вопросы. 1. Что на рис. 2.8,а обозначают кружки, которыми заканчиваются изображения отводов? Как нужно включить электросекундомер в сеть 127 В? Не перепутаны ли местами надписи 127 и 220 В? 2. Что обозначают стрелки на рис. 2.8,б? 3. Откуда известно, что сопротивление $RK1$ автоматически изменяется при изменении температуры? 4. В сеть постоянного или переменного тока включен двигатель M на рис. 2.8,г? 5. Откуда известно, что трансформатор $TS1$ является стабилизатором напряжения? Зачем от его вторичной обмотки сделаны отводы? Какова зависимость сопротивления терморезистора $RK2$ от температуры? Что произошло бы с терморезистором, если бы после срабатывания реле $K2$ его контакт не замкнул терморезистор? 6. Как зависит сопротивление $R7$ от давления и откуда это известно? Что обозначает штриховая линия, соединяющая электромагнит $Y1$ с тензорезистором $R7$? 7. Каким способом можно задать необходимое замедление при возврате реле $K3$ (рис. 2.8,е). Какой конденсатор $C1$ изображен на схеме?



Ответы

1. Кружками обозначены зажимы. В сеть 127 В электросекундомер включают между общим зажимом, который обозначен звездочкой и зажимом 127 В. Места надписей не перепутаны. В этом легко убедиться, так как меньшему сопротивлению соответствует более низкое напряжение, а именно 127 В.

2. Стрелки указывают на фотоэлектрический эффект. Они направлены к обозначению, так как фоторезистор — прибор-приемник.

3. В изображении $RK1$ есть черта без стрелки и буква t° , что указывает на саморегулирование в зависимости от температуры.

4. Двигатель включен в сеть постоянного тока. Это явствует из надписей $+$ и $-$.

5. Изображение трансформатора содержит обозначение нелинейного регулирования. Стабилизация напряжения необходима, так как без нее колебания напряжения приведут к самопроизвольному изменению уставки по температуре. Отводы от вторичной обмотки $TS1$ служат для задания необходимой уставки. Дело в том, что с повышением напряжения тепловое равновесие устанавливается при более низкой температуре контролируемой среды, следовательно, уставка по температуре понижается. Зависимость нелинейная (обозначение нелинейного саморегулирования). С повышением температуры сопротивление уменьшается. На это указывает надпись $-t^\circ$ (отрицательный температурный коэффициент). Если не замкнуть терморезистор, то из-за лавинообразного увеличения тока терморезистор сгорит.

6. Зависимость нелинейная. Сопротивление изменяется в зависимости от давления; на это указывает буква p . Штриховая линия обозначает механическую связь между электромагнитом и тензорезистором.

7. Замедление зависит от силы тока разряда конденсатора: чем ток больше, тем разряд быстрее, а время возврата реле меньше. Необходимый ток для достижения заданного замедления устанавливается с помощью плавного регулирования сопротивления резистора $R6$. Конденсатор электролитический.

2.3. Источники электроэнергии

Ниже рассматриваются обозначения синхронных генераторов переменного тока и генераторов постоянного тока (динамо-машин), гальванических элементов и аккумуляторов, а также термопреобразователей.

Синхронные генераторы. Общее обозначение I синхронного генератора GS трехфазного переменного (3 ~) тока показано на рис. 2.9,а.

Обмотку статора можно изображать в двух формах. За основу обозначения в форме I (упрощенный способ) принята

окружность 2. За основу обозначения в форме II (развернутый способ) принято обозначение 3 обмотки каждой фазы статора — три полуокружности.

Ротор в форме I, если не требуется уточнять его устройство, тоже обозначается окружностью 4, но диаметр ее меньше диаметра окружности 2, изображающей статор. Обмотку независимого возбуждения 5 в форме II обозначают четырьмя полуокружностями.

Если нужно уточнить устройство ротора, то пользуются обозначениями 6—8, где 6 — неявнополюсная распределенная обмотка возбуждения постоянного тока (характерно для быстроходных турбогенераторов); 7 — сосредоточенная обмотка постоянного тока с явно выраженными полюсами (характерно для тихоходных генераторов); 8 — ротор явнополюсный без обмотки с постоянными магнитами. Генераторы с постоянными магнитами используются на самолетах, тракторах, мотоциклах. Они широко применяются для измерения скорости (тахогенераторы), служат источниками тока в мегаомметрах, возбудителями синхронных генераторов и т. п.

При изображении синхронных генераторов и их возбудителей используют при необходимости обозначения: 9 — постоянный ток (заметьте: одна черточка, а не две); 10 — переменный ток; 11 — обмотка однофазная с двумя выводами; 12 — обмотка трехфазная, соединенная в звезду; 13 — то же с выведенной нейтральной (средней точкой).

На рис. 2.9,а также показаны: 14 — ротор с обмоткой, коллектором и щетками и 15 — ротор со щетками на контактных кольцах.

Обратите внимание: а) хотя ток к обмотке ротора подводится через щетки на контактных кольцах, но при изображении синхронных генераторов щетки не показывают: они подразумеваются;

б) изображения щеток не зачерняют, как делали раньше, ограничиваясь их контурами.

На рис. 2.9,б дан пример изображения синхронного генератора в форме I сверху и в форме II снизу. При изображении в форме I обмотка статора 2 соединена в звезду 12. Ротор 7 имеет явно выраженные полюсы, обмотка которых питается от возбудителя — генератора постоянного тока с ротором 14 — обмоткой параллельного возбуждения 16. Ротор и возбудитель имеют общий вал, на что указывает линия механической связи 15.

Изображение в форме II отличается тем, что в нем показаны обмотки 3 каждой фазы статора. Кроме того, линия механической связи 15 показана не штриховой линией, а двумя параллельными линиями 17: оба способа (15 и 17) равноценны.

На схемах устройство ротора 6—8 обычно не показывают, ограничиваясь более простыми изображениями, примеры которых даны на рис. 2.9,в. У трехфазного синхронного генератора 18 GS выведены оба конца каждой фазы. На это указывают шесть проводов, присоединенных к статору 2, а также три черточки 11, изображающие три отдельные обмотки. К ротору 4 подведены два провода с обозначением 9 постоянного тока.

Под номером 19 показан синхронный генератор GS, обмотка статора которого соединена в звезду с выведенной нейтральной точкой, на что указывают четыре провода, отходящие от статора (три фазы и нейтраль), и обозначение 13. Около обмотки ротора 5 дано обозначение постоянного тока 9.

Генератор GS 20 однофазного переменного тока (1 ~) имеет два вывода от обмотки статора и два вывода от обмотки ротора. Под номерами 21 и 22 изображен в формах I и II соответственно один и тот же генератор. У него выведены по два конца каждой обмотки статора, а возбужде-

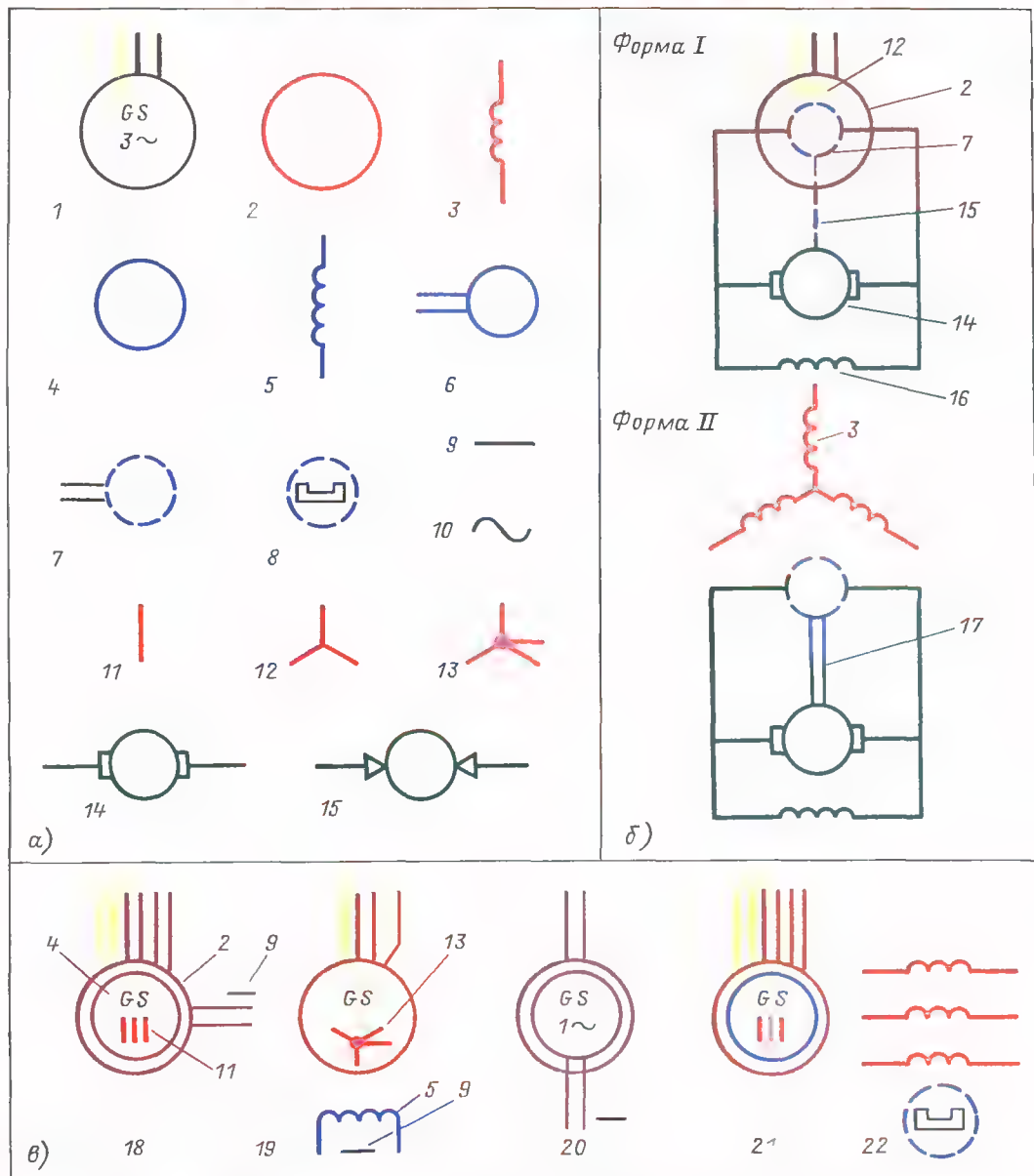
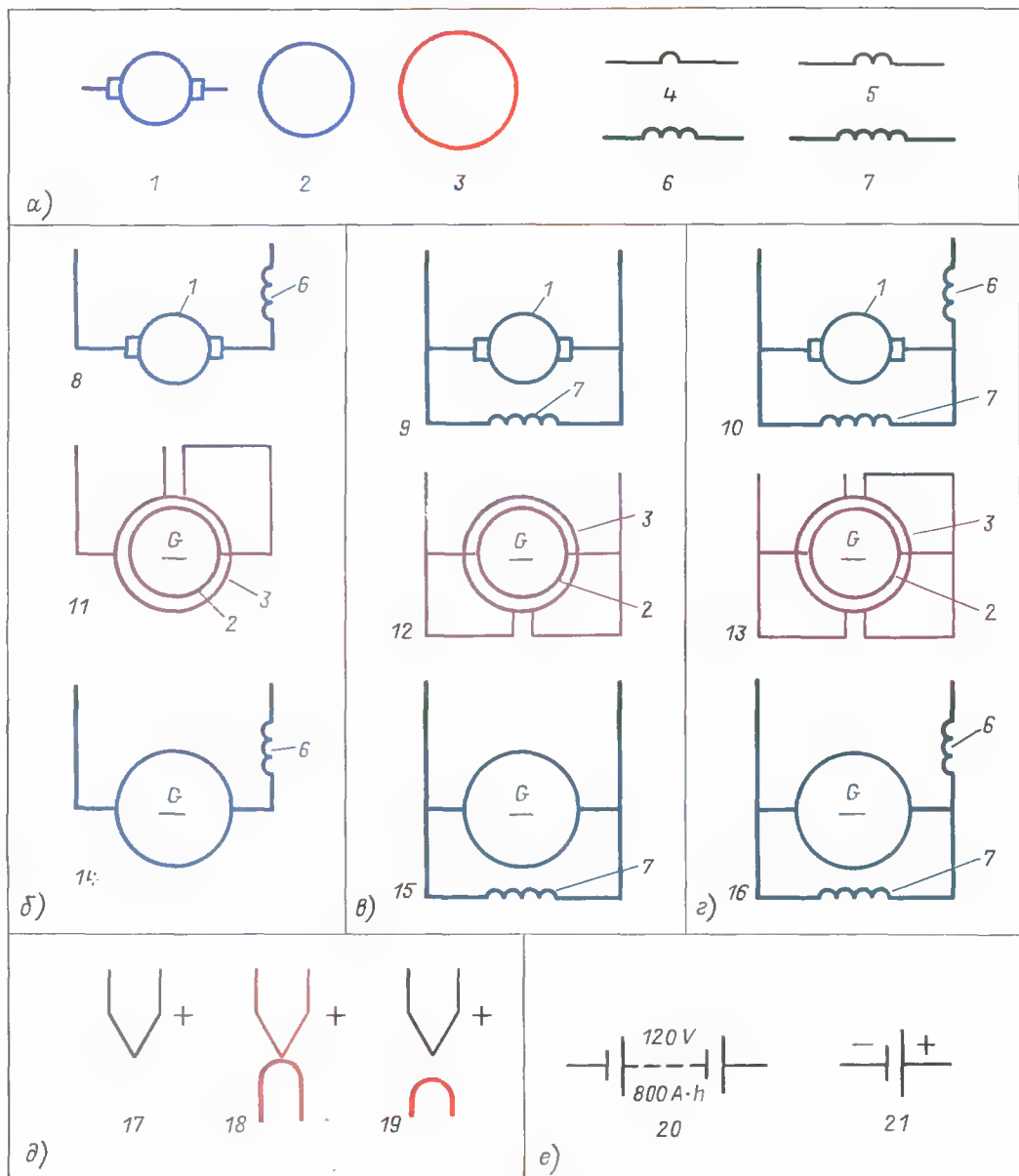


Рис. 2.9. Синхронные генераторы. Рисунок 2.9,б дан с некоторыми упрощениями: не показаны реостат возбуждения, устройство гашения поля и др.

ние осуществляется от постоянных магнитов. Поэтому ротор не имеет выводов.

Выводы обмоток ротора и статора не должны по направлению совпадать, но на-



правлять их можно в любые стороны. Например, на рис. 2.9,б выводы обмотки ротора расположены по диаметру окружности.

Рис. 2.10. Источники постоянного тока: генераторы постоянного тока в формах I и II, термопреобразователи, аккумуляторные батареи и гальванические элементы

Генераторы постоянного тока изображают либо в форме I — упрощенный способ, либо в форме II — развернутый. В основу изображения положены обозначения, показанные на рис. 2.10,а, где 1 — ротор (якорь) с обмоткой, коллектором и щетками; 2 и 3 — обмотки ротора и статора. Диаметры окружностей различны, так как одну окружность помещают внутри другой (см. изображения 11–13).

В форме II для изображения обмотки применяют обозначения: 4 — обмотка вспомогательного полюса — одна полуокружность; 5 — обмотка компенсационная — две полуокружности; 6 — обмотка последовательного возбуждения — три полуокружности; 7 — обмотка параллельного возбуждения — четыре полуокружности. Четырьмя полуокружностями изображают также обмотку независимого возбуждения.

Применение обозначений, приведенных на рис. 2.10,а, иллюстрируют рис. 2.10,б–г. Так, рис. 2.10,б изображает генератор последовательного возбуждения, рис. 2.10,в — параллельного возбуждения. Легко видеть, что рис. 2.10,г просто объединяет рис. 2.10,б и в, так как у генератора смешанного возбуждения есть две обмотки: последовательная 6 и параллельная 7, что отчетливо видно на рисунках под номерами 8–10.

Наиболее распространены и наглядны изображения 8–10. Под ними показаны изображения 11–13 в форме I и, наконец, внизу обозначения 14–16 и соответствующие им обозначения 14–16 в форме II.

Обратите внимание: а) точки в местах присоединения обмотки возбуждения к статору не ставят — так как соединение само собой разумеется; б) в формах I и II в окружность вписаны буква G (генератор) и обозначение постоянного тока (черточка).

Термопреобразователи (старые, но употребительные термины: термоэлементы,

термопары, термобатареи) непосредственно преобразуют тепло в электрическую энергию. До сравнительно недавнего времени металлические термопары применялись только для дистанционного измерения температуры (между термоЭДС и температурой существует строгая зависимость). В настоящее время широко применяются полупроводниковые термопреобразователи; они преобразуют, например, тепло керосиновой лампы в электроэнергию для питания радиоприемников в полевых условиях и электроприемников постоянного тока небольшой мощности.

На рис. 2.10,д показаны термопреобразователи: 17 — без подогревателя, 18 — с подогревателем (дужка), который касается термопреобразователя и потому называется контактным, и 19 — бесконтактный: подогреватель и термопреобразователь не касаются, т. е. не имеют контакта. Плюс — это знак полярности. Заметьте: не нужно утолщать одну сторону в изображении термопреобразователя (как делали раньше), так как положительный полюс обозначен (+).

Гальванические элементы и аккумуляторы обозначают одинаково (рис. 2.10,е). Здесь 21 — элемент гальванический или аккумулятор, а 20 — батарея, т. е. несколько элементов, соединенных последовательно. Обратите внимание: а) короткая черта обозначает отрицательный полюс (утолщать черту не надо, как делали раньше), а длинная — положительный; б) знаки полярности допускается не указывать; в) батарея может быть изображена как один элемент, но в этом случае над обозначением пишут напряжение батареи, например 120V. Могут быть указаны и другие данные, например емкость в ампер-часах.



Упражнение 2.6

На рис. 2.11 даны примеры применения обозначений источников тока.

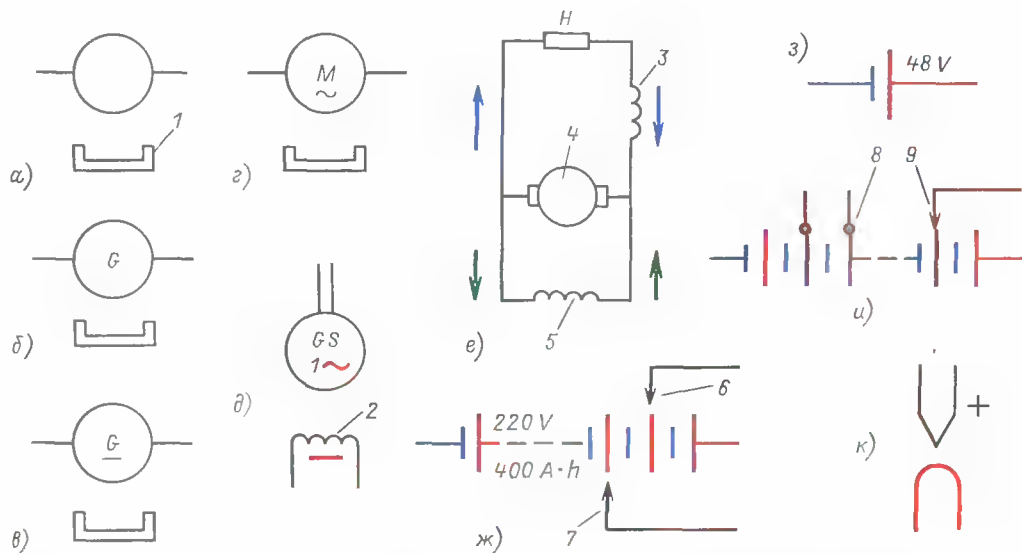


Рис. 2.11. Примеры изображений источников тока. К упражнению 2.6

Ответить на вопросы. 1. Что изображено на рис. 2.11,а–г. Что на них общего и чем они различаются? Почему не показаны щетки? Можно ли направить выводы якоря не горизонтально, а вверх, вправо, влево, вниз?

2. Что изображено на рис. 2.11,д и откуда это известно?

3. На рис. 2.11,е показан генератор постоянного тока со смешанным возбуждением, который питает нагрузку H . Что обозначают поз. 3–5, зеленые и синие стрелки? Почему в местах соединения якоря с обмотками нет точек?

4. На рис. 2.11,ж изображена аккумуляторная батарея с двойным элементным коммутатором, щетки которого обозначены 6 и 7. Каковы емкость и напряжение этой батареи, откуда это известно? Если напряжение батареи определено надписью 220V, то зачем нужен элементный коммутатор? Какая из его ручек является зарядной, а какая разрядной? Благодаря чему, несмотря на отсутствие знаков полярности, совершенно ясно, что слева (на рисунке) минус батареи, а справа – плюс?

5. Что иллюстрирует рис. 2.11,з?

6. На рис. 2.11,и точками 8 изображены отводы. Для чего они служат и какой элементный коммутатор обозначен поз. 9?

7. Что изображает рис. 2.11,к?



Ответы

1. На рис. 2.11,а–г изображены электрические машины с возбуждением от постоянных магнитов 1. Но по рис. 2.11,а нельзя судить о том, какая машина изображена, так как в изображении не вписаны ни буквы, ни обозначение рода тока. Рисунок 2.11,б определеннее: буква G указывает, что это генератор, но какого тока, постоянного или переменного, неизвестно. На рис. 2.11,в – генератор постоянного тока. На рис. 2.11,г – двигатель (M) переменного тока. Щетки не изображены потому, что их наличие само по себе разумеется: съем тока с вращающегося ротора без щеток невозможен. Выводы можно направить вверх, вправо и влево, но нельзя в нашем случае направить их вниз, так как внизу место занято изображением постоянного магнита; подробнее о правилах направления выводов см. ниже.

2. На рис. 2.11,д показан синхронный (S) генератор (G) однофазного (1) переменного ($\sim$) тока с обмоткой независимого возбуждения

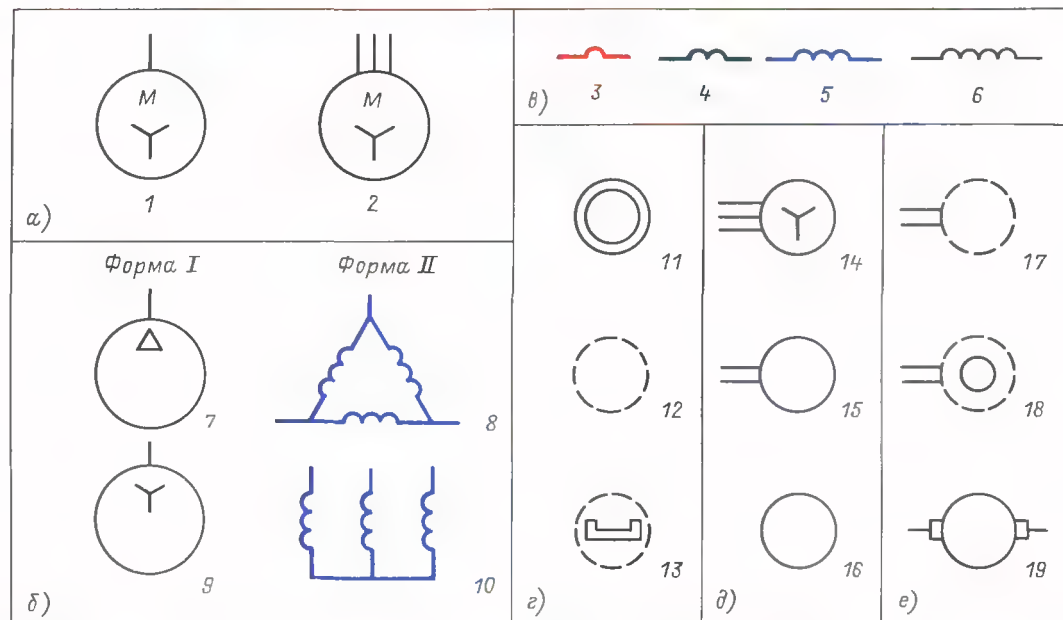


Рис. 2.12. Система построения обозначений электродвигателей

постоянного тока (—). Ясно, что генератор однофазного тока имеет два вывода.

3. На рис. 2.11, е поз. 3 — это обмотка последовательного возбуждения (три полукружности), 4 — якорь с коллектором и щетками, 5 — обмотка параллельного возбуждения — четыре полукружности. Зеленые стрелки указывают направление тока в обмотке 5, а синие — в нагрузке и обмотке 3. На схемах стрелки не показывают. Точки не нужны, так как и без них ясно, что с чем соединено.

4. Емкость $400\text{ A} \cdot \text{h}$ и напряжение 220 V ясны из надписей. Напряжение 220 V соответствует полностью заряженной батарее, но в процессе ее разряда и заряда напряжение изменяется: при разряде снижается, при заряде повышается. Чтобы установить на шинах практически неизменное напряжение, пользуются разрядной ручкой 7. Чтобы не перезарядить в процессе заряда уже зарядившиеся полностью элементы, пользуются зарядной ручкой 6. Знаки полярности не нужны, так как в обозначении элемента короткая черта — это минус.

5. Рисунок 2.11, з показывает, что аккумуляторную батарею (если не требуется изображать

элементный коммутатор или отводы от отдельных элементов) можно показать просто как отдельный элемент с надписью, указывающей напряжение батареи, в нашем примере 48 V .

6. Отводы могут служить для питания каких-либо приборов при пониженном напряжении, но при этом часть батареи сильнее разряжается. А так как неравномерный разряд совершенно недопустим, то для его предотвращения приходится применять необходимые меры, например выравнять нагрузку с помощью балластного резистора, дополнительно подзаряжать часть батареи, от которой сделаны отводы, и т. п.; 9 — одинарный элементный коммутатор, т. е. переключаемый отвод.

7. Бесконтактный термопреобразователь.

2.4. Электродвигатели, электромашинные преобразователи

Электродвигатели

Общее обозначение двигателя показано на рис. 2.12, а. В окружность допускается вписывать данные, указывающие: двигатель M , род тока (— постоянный, ~ переменный), вид соединения обмоток

(звезда, треугольник) и т. п. Так, на рис. 2.12,а даны однолинейное 1 и многолинейное 2 обозначения двигателя, статор которого соединен в звезду. Обратите внимание на то, что при однолинейном обозначении нет черточек, указывающих на число проводов, потому что и без них ясно, что к двигателю, соединенному в звезду, подходят три провода.

Обмотки обозначают, как показано на рис. 2.12,б, причем число полуокружностей безразлично. Одна полуокружность 3 — обмотка вспомогательного полюса; две полуокружности 4 — обмотка компенсационная; три полуокружности 5 — обмотка статора (каждой фазы) двигателя переменного тока и обмотка последовательного возбуждения двигателя постоянного тока; четыре полуокружности — обмотка параллельного возбуждения двигателя постоянного тока.

Статоры. Примеры обозначения статоров в форме I (упрощенный способ) и в форме II (развернутый способ) иллюстрирует рис. 2.12,б, где 7 и 8 — соединение обмоток в треугольник, а 9 и 10 — в звезду. **З а м е т ь т е:** в вершинах треугольника, а также при соединении в звезду точек нет (как иногда делают), так как соединения очевидны и без точек.

Роторы. На рис. 2.12,г показаны роторы без обмотки: 11 — полый немагнитный или ферромагнитный; 12 — с явно выраженными полюсами — явнополюсный (с прорезями по окружности); 13 — явнополюсный с постоянными магнитами.

Роторы с распределенной обмоткой иллюстрирует рис. 2.12,д: 14 — распределенная трехфазная обмотка, соединенная в звезду; 15 — однофазная обмотка или обмотка постоянного тока; 16 — короткозамкнутый ротор.

Роторы с сосредоточенной обмоткой изображены на рис. 2.12,е: 17 — ротор с явно выраженными полюсами; 18 — ротор явнополюсный (штриховая

окружность) с распределенной короткозамкнутой (сплошная окружность) успокоительной или пусковой обмоткой; 19 — ротор с обмоткой, коллектором и щетками. В обозначении коллекторной машины допускается щетки не изображать, если это не приведет к ошибкам.

Расположение выводов обмоток на схемах. Выводы обмотки статора в форме I допускается направлять в любую сторону. Выводы обмотки ротора можно направлять вправо, влево, вверх или вниз, а также по диаметру окружности, но они не должны совпадать с выводами обмотки статора.

Асинхронные трехфазные двигатели показаны на рис. 2.13,а, где 1 — короткозамкнутый двигатель, статор которого соединен в звезду; 2 — короткозамкнутый двигатель с шестью выводами обмотки статора. Такой двигатель можно соединять как в звезду, так и в треугольник, что дает возможность применять его при двух напряжениях, например 380 В (звезда) и 220 В (треугольник); 3 — двигатель с фазным ротором. Статор соединен в треугольник, ротор — в звезду.

Синхронные трехфазные двигатели показаны на рис. 2.13,б. Здесь: 4 — статор соединен в треугольник, ротор с обмоткой постоянного тока; 5 — статор соединен в звезду с выведенной нейтральной точкой, ротор явнополюсный с сосредоточенной обмоткой возбуждения; 6 — статор соединен в звезду. Ротор явнополюсный с сосредоточенной обмоткой возбуждения (от нее отходят провода) и распределенной короткозамкнутой пусковой или успокоительной обмоткой (сплошная окружность); 7 — статор соединен в треугольник, возбуждение от постоянных магнитов.

Однофазные двигатели (рис. 2.14): 1 — асинхронный однофазный двигатель с расщепленными полюсами и короткозамкнутым ротором. На одну часть каждого полюса надета короткозамкнутая обмотка или просто кольцо. Возникающий в коротко-

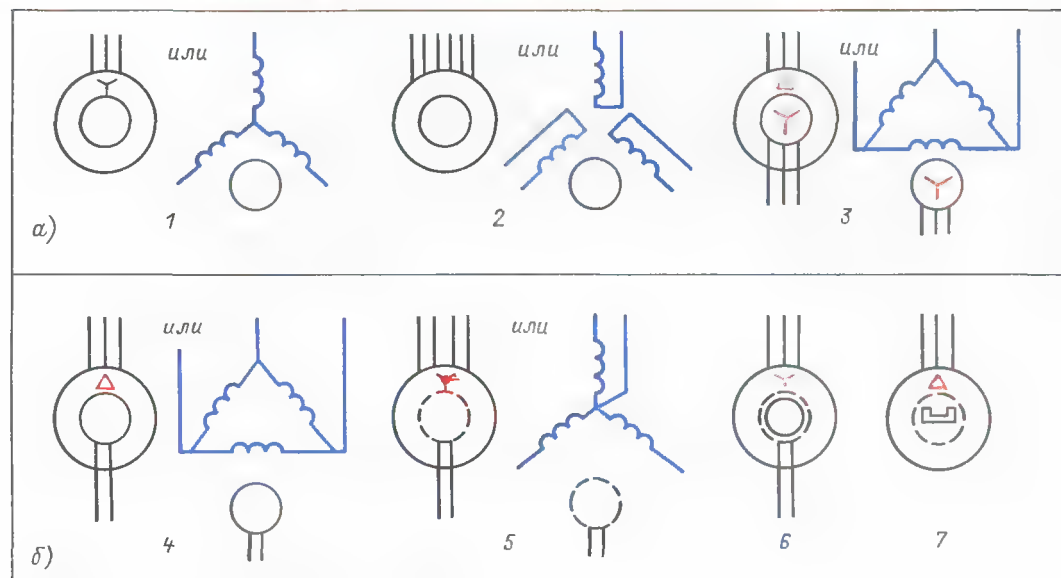


Рис. 2.13. Электродвигатели трехфазные:
а — асинхронные; б — синхронные

замкнутой обмотке ток препятствует возникновению потока в этой части полюса. Поэтому потоки одних частей полюсов сдвинуты в пространстве и во времени относительно потоков других частей полюсов. Благодаря этому образуется вращающееся поле, увлекающее ротор. Изображение обмоток под углом подчеркивает возникновение сдвига потоков.

Если ротор выполнен из закаленной стали (характеризующейся широкой гистерезисной петлей), то на валу двигателя возникает гистерезисный момент и частота вращения ротора строго соответствует частоте питающей сети. Такие двигатели, называемые гистерезисными, широко распространены в часовых механизмах, самопишущих приборах и т. п.;

2 — синхронный однофазный двигатель явнополюсный с обмоткой возбуждения и успокоительной или пусковой обмоткой на роторе;

3 — двигатель с конденсаторным пуском. Он имеет две обмотки: главную и добавочную. В цепь добавочной обмотки на период пуска включается конденсатор C . При достижении двигателем заданной частоты вращения конденсатор автоматически отключается;

4 — коллекторный однофазный репульсионный двигатель имеет статор обычной однофазной машины, ротором служит якорь машины постоянного тока, щетки которого замкнуты накоротко. Щетки можно передвигать по коллектору, осуществляя таким образом изменение скорости, остановку, реверсирование (т. е. изменение направления вращения). Обратите внимание: репульсионный двигатель развивает вращающий момент только в том случае, когда оси щеток и обмотки статора не перпендикулярны. В обозначении 4 щетки, как сами собой разумеющиеся, не показаны. Раньше щетки изображали с перемычкой между ними и располагали их под углом. Старое обозначение обведено волнистой линией;

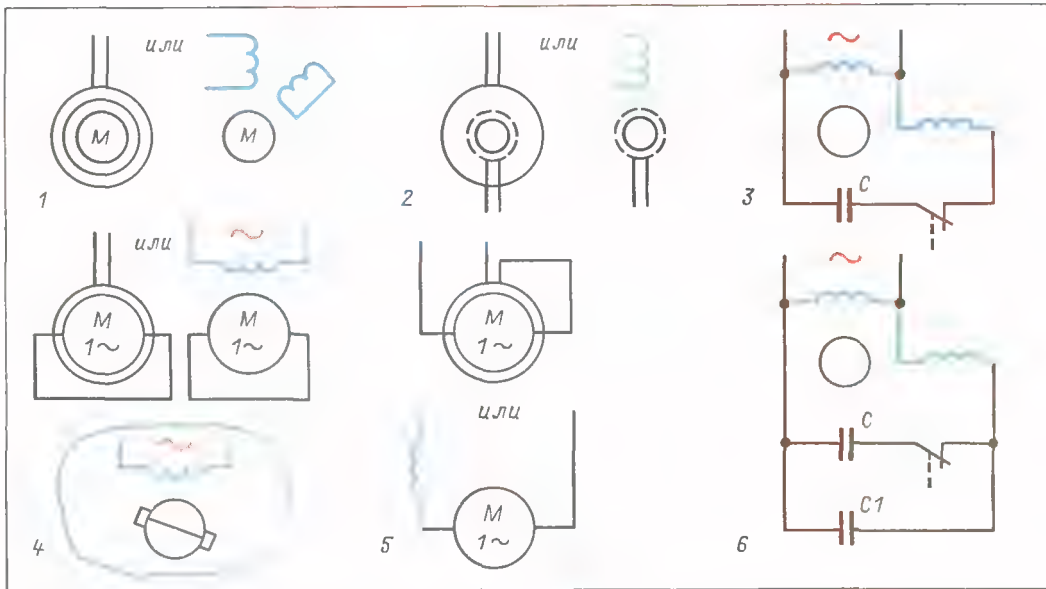


Рис. 2.14. Однофазные электродвигатели

5 — коллекторный однофазный двигатель последовательного возбуждения;

6 — конденсаторный двигатель. При пуске включены два конденсатора C и $C1$, затем пусковой конденсатор C автоматически отключается.

Двигатели постоянного тока. На рис. 2.15, а–в показаны двигатели с последовательным, параллельным и смешанным возбуждением соответственно. **З а м е т ь:** последовательная обмотка изображена тремя полукругностями, а параллельная — четырьмя.

Обозначения 1–3 наиболее употребительны, обозначения 4–6 выполнены в форме I, а 7–9 — в форме II.

Более подробные пояснения даны выше при рассмотрении генераторов постоянного тока (см. рис. 2.10, б–г).

Расположение обмоток в обозначениях машин постоянного тока не устанавливается, что иллюстрирует рис. 1.15, г.

Закрепим полученные сведения об обозначениях электрических двигателей, выполнив упражнение 2.7.

Упражнение 2.7

1. Что изображено на рис. 2.16? 2. На рис. 2.13, поз. 5, показан двигатель, обмотка статора которого соединена в звезду с выведенной нейтральной точкой. Есть ли смысл в таком соединении, если учесть, что трехфазная обмотка двигателя представляет собой равномерную симметричную нагрузку? 3. Почему при изображении электрических машин в одних случаях в местах соединений есть точки, а в других точки опущены? Не ошибка ли это? 4. Почему в одних случаях в обозначение вписана буква G (генератор), M (двигатель) и т. п., а в других буквы опущены? Являются ли эти буквы позиционными обозначениями или же имеют иной смысл?



Ответы

1. На рис. 2.16 показаны: а) короткозамкнутый двигатель с двумя самостоятельными обмотками на статоре. К каждой из них подходят три провода; б) двигатель с двумя распределенными самостоятельными обмотками на роторе. К каж-

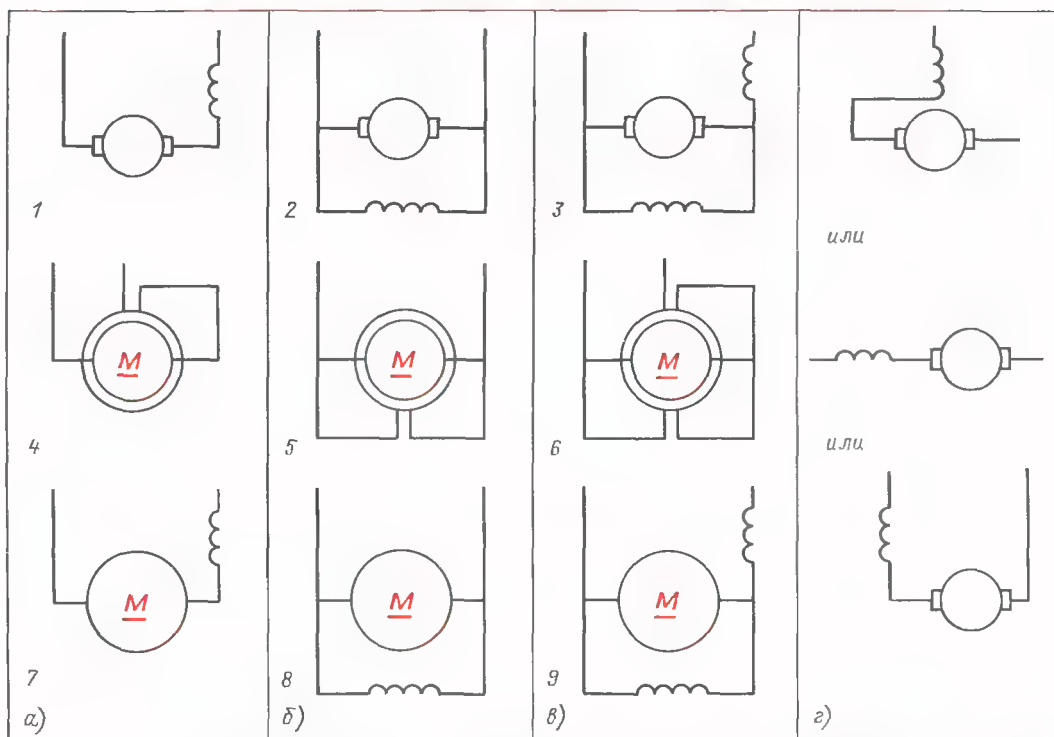


Рис. 2.15. Электродвигатели постоянного тока

дой из них подходят два провода; в) короткозамкнутый двигатель с переключением статора на два числа полюсов. Обозначение вида соединения показывает, что статор переключается со звезды (см. левее черты) на звезду с двумя параллельными ветвями (см. правее черты). Так как частота (скорость) вращения определяется числом полюсов, а этот двигатель может иметь два числа полюсов, то он является двухскоростным. Нужно иметь в виду, что каждой частоте вращения соответствует своя мощность; г) ротор с обмоткой, коллектором и щетками; д) ротор со щетками на контактных кольцах; е) машина электрическая с возбуждением от постоянных магнитов; ж) двигатель асинхронный с фазным ротором, общее обозначение.

2. Для питания двигателя нейтральный провод не нужен. Но вывод от нейтральной точки обмотки может понадобиться для включения реле защиты двигателя от работы на двух фазах или в других аналогичных случаях. В общих чертах дело сводится к тому, что при нарушении

нии цепи одной из фаз через реле, включенное между "землей" и нейтралью обмотки, пройдет ток: реле сработает и отключит двигатель. Подчеркнем, что это реле не должно быть "слишком быстродействующим", иначе оно сработает из-за неодновременности замыкания контактов магнитного пускателя при его срабатывании.

3. Если соединение безусловно и отсутствие точек не может привести к неправильному толкованию, то точки не ставят.

4. Буквы *G*, *M* и другие вписывают, если в них есть необходимость. Если же и без них очевидно, какая из машин изображена, то буквы не нужны. Например, в схеме привода токарного станка совершенно ясно, что показан двигатель, или в схеме зарядки аккумуляторной батареи видно, что она соединена с генератором постоянного тока. Поэтому в стандарте сказано, что буквы *д о п у с к а е т с я* (но не обязательно!) вписывать в графическое обозначение.

Обратите внимание: буква, вписываемая в графическое условное обозначение, является его частью, но не может служить позиционным обозначением элемента (подробнее см. § 4.2).

Выше подробно рассмотрена система построения условных графических обозначений электродвигателей. Столь подробное рассмотрение объясняется рядом причин: во-первых, родом тока: постоянный, переменный, однофазный, многофазный; во-вторых, условиями эксплуатации, например: необходимостью иметь стабильную частоту вращения, или же ее регулировать; в-третьих, условиями пуска и т. п.

Электромашинные преобразователи

Рассмотрим типичные примеры электромашинных преобразователей, обратившись к рис. 2.17.

На рис. 2.17,а показан двигатель-генератор — агрегат, состоящий из асинхронного трехфазного двигателя 1 с короткозамкнутым ротором и генератора постоянного тока 2 с параллельным возбуждением. Роторы двигателя и генератора механически соединены, на что указывает линия механической связи 3. Двигатели-генераторы применяются все реже, так как они весьма успешно вытесняются полупроводниковыми выпрямителями, например кремниевыми.

Если необходимо иметь в сети частоту, отличную от промышленной (50 Гц), например 400 или 200 Гц, для питания многооборотного электронного инструмента, то используют агрегат, состоящий из асинхронного двигателя 1 (рис. 2.17,б) и преобразователя частоты (например, 50/200 Гц) 4. К ротору преобразователя подведено питание от сети 50 Гц; со статора снимается напряжение повышенной частоты, в нашем примере 200 Гц.

В ряде случаев, располагая источником постоянного тока напряжением, скажем, 220 В, нужно получить постоянный ток другого напряжения, например 24 В, причем цепи 220 и 24 В должны быть взаимно изолированы. Тогда применяют преобразователь напряжения постоянного тока с дву-

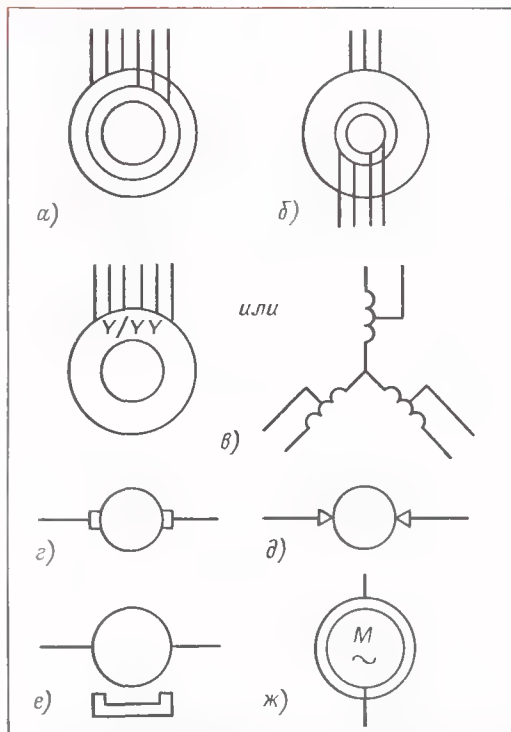


Рис. 2.16. Примеры изображений двигателей.
К упражнению 2.7

мя независимыми обмотками на роторе 7 и 8 (рис. 2.17,в). В цепь обмотки возбуждения 6 введен реостат 5 без разрыва цепи.

На рис. 2.17,з показан одноякорный преобразователь постоянно-переменного тока трехфазный. Он представляет собой машину постоянного тока с дополнением в виде контактных колец, насаженных на вал якоря со стороны, обратной коллектору. В нашем примере преобразуется трехфазный переменный ток (3 ~), поэтому число колец равно трем. Но кольца обычно не показывают, ограничиваясь тремя выводами. Однако щетки 9 коллектора показывать надо. Если же хотят показать не только щетки для съема постоянного

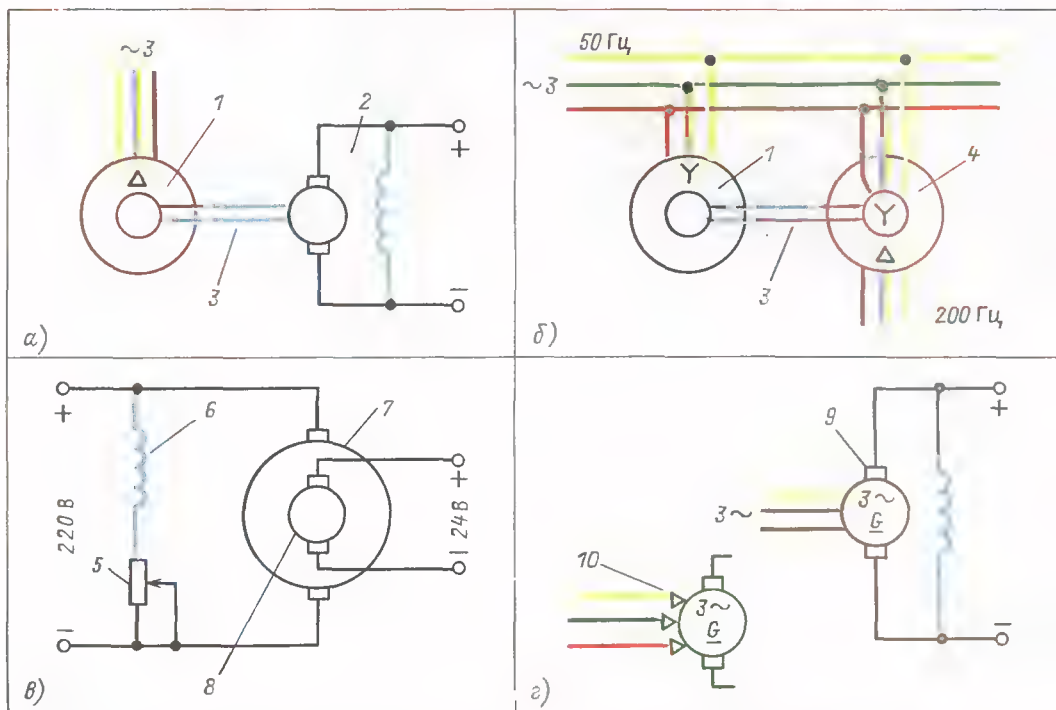


Рис. 2.17. Электромашинные преобразователи

тока, но и щетки 10 на кольцах, то и это можно сделать так, как показано на рис. 2.17,г снизу.

2.5. Трансформаторы, автотрансформаторы, выпрямители

Трансформаторы

За основу построения обозначений трансформаторов и автотрансформаторов принимаются обозначения обмоток, магнитопроводов (сердечников), корпуса, экрана, регулирования, а также обозначения видов соединения обмоток.

Обмотки. В схемах электроснабжения обмотки обычно обозначают в виде окружности 1 (рис. 2.18,а). В других случаях

обмотки изображают полуокружностями 2–5, причем количество полуокружностей и направление выводов не устанавливается (ср. 2 и 4). Точка (см. 3) указывает начало обмотки.

При изображении обмоток окружностями в них, если нужно, вписывают обозначения 13–23 вида соединения, приведенные на рис. 2.18,в, где под обозначениями, состоящими из черточек, помещены поясняющие схемы.

Здесь: 13 — обмотка однофазная с двумя выводами; 14 — обмотка однофазная с двумя выводами и выведенной нейтральной (средней) точкой; 15 — соединение обмоток двух фаз в открытый треугольник (питание от сети трехфазного тока); 16 — три однофазные обмотки, каждая с двумя выводами; 17 — обмотка трехфазная, соединенная в звезду; 18 — то же с выведенной нейтральной (средней) точкой; 19 —

обмотка трехфазная, соединенная в треугольник; 20 — обмотка трехфазная, три фазы соединены в разомкнутый треугольник; 21 — обмотка трехфазная, соединенная в зигзаг; 22 — обмотка шестифазная, соединенная в две обратные звезды; 23 — то же с выведенными отдельными нейтральными (средними) точками.

Магнитопроводы. В схемах электроснабжения магнитопроводы допускается не указывать, если это не вызывает недоразумений. В других случаях магнитопроводы изображают, пользуясь для этого обозначениями 7–10, которые показаны на рис. 2.18,б. Здесь 7 — магнитопровод ферромагнитный (з а м е т ь т е: раньше было другое обозначение: три тонкие черты, как бы представляющие листы стали, из которых набран магнитопровод. Затем магнитопровод изображали жирной чертой. В настоящее время толщина линий, обозначающих магнитопровод и обмотку, одинакова);

8 — ферромагнитный магнитопровод с воздушным зазором. Небольшой воздушный зазор (величина которого фиксируется прослойкой из немагнитного материала) нужен в том случае, когда по обмотке проходит не только переменный, но и постоянный ток, который при отсутствии зазора мог бы насытить магнитопровод;

9 — магнитодизлектрический магнитопровод. Магнитодизлектрические магнитопроводы применяются при радиочастотах для уменьшения потерь на вихревые токи. В этих сердечниках ферромагнитные частицы разделены массой изоляционного материала;

10 — магнитопровод из немагнитного материала, например из меди или алюминия. Для магнитного магнитопровода указывают химический символ металла. Например буквы Cu указывают на то, что магнитопровод медный. Магнитопровод из немагнитного материала играет такую же роль, как множество короткозамкнутых витков, введенных в магнитное поле об-

мотки. В немагнитном магнитопроводе наводятся вихревые токи, магнитное поле которых противодействует основному полю, чем достигается уменьшение индуктивности.

Корпус трансформатора или автотрансформатора, показанный на рис. 2.18,б под номером 12, изображают, если нужно показать, что к нему что-нибудь присоединено. Например на рис. 2.19,в показано, что с корпусом соединен экран. Корпус трансформатора приходится показывать и в некоторых схемах релейной защиты.

Экран обозначают тонкой штриховой линией 6 (рис. 2.18,а). Примеры экранирования приведены на рис. 2.19,в, где 5 — экранированный трансформатор без сердечника, причем буквы Fe (железо) и Cu (медь) указывают на материалы, с помощью которых выполнено экранирование [з а м е т ь т е: раньше вместо этих букв писали соответственно *H* и *E*, указывая характер экранирования: электромагнитное (*H*) и электростатическое (*E*)]; 6 — экранирование между обмотками двухобмоточного трансформатора.

Обозначение регулирования 11 (рис. 2.18,б) используют в изображениях трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой.

Примеры обозначений трансформаторов даны на рис. 2.19. На рис. 2.19,а показаны однолинейное 1 и многолинейное 2 обозначения однофазного трансформатора с ферромагнитным сердечником (форма I). Магнитопровод подразумевается, и потому он не показан; 7 — изображение этого же трансформатора в форме II.

На рис. 2.19,б изображены трансформаторы: 3 — с ферромагнитным магнитопроводом, имеющим воздушный зазор; 4 — с немагнитным (медным) магнитопроводом; 8 — с магнитодизлектрическим магнитопроводом; 9 — без магнитопровода.

На рис. 2.19,в: 5 — трансформатор без магнитопровода с общим экраном (фор-

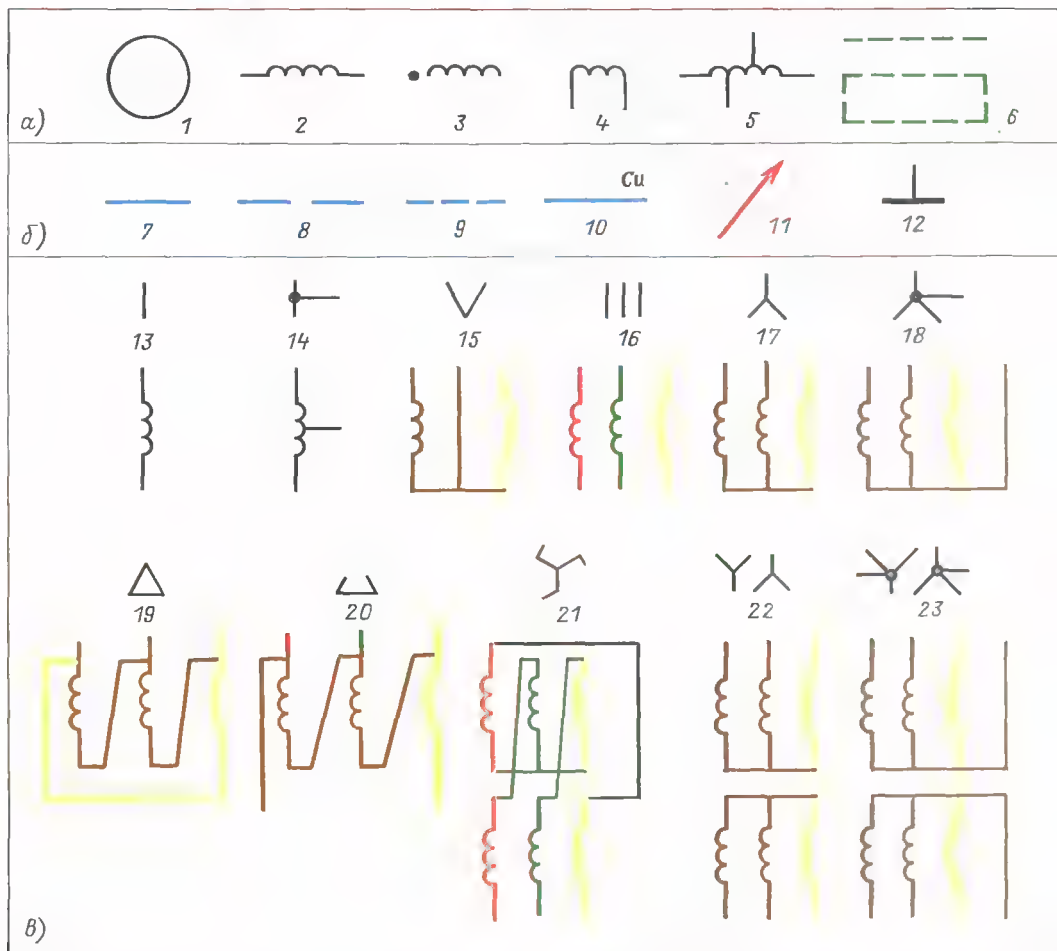


Рис. 2.18. Обозначения, сочетание которых положено в основу схематического обозначения трансформаторов и автотрансформаторов

ма II); 6 — с экраном между обмотками (форма I); 10 — с ферромагнитным магнитопроводом и экраном между обмотками. Экран присоединен к корпусу трансформатора.

Однофазный дифференциальный трансформатор 11 (в форме I сверху и в форме II снизу) показан на рис. 2.19,з. Вторичная обмотка имеет отвод от средней

точки. Трансформатор питает двухполупериодный выпрямитель, состоящий из полупроводниковых диодов (вентилей) $V1$ и $V2$. Минусом выпрямителя служит средняя точка трансформатора. Жирные точки обозначают начала полуобмоток.

Однофазный трехобмоточный трансформатор 12 показан на рис. 2.19,д в схеме двухполупериодного выпрямителя с помощью кенотрона — двойного диода косвенного накала. Одна из вторичных обмоток трансформатора имеет средний вывод — он является минусом выпрямителя.

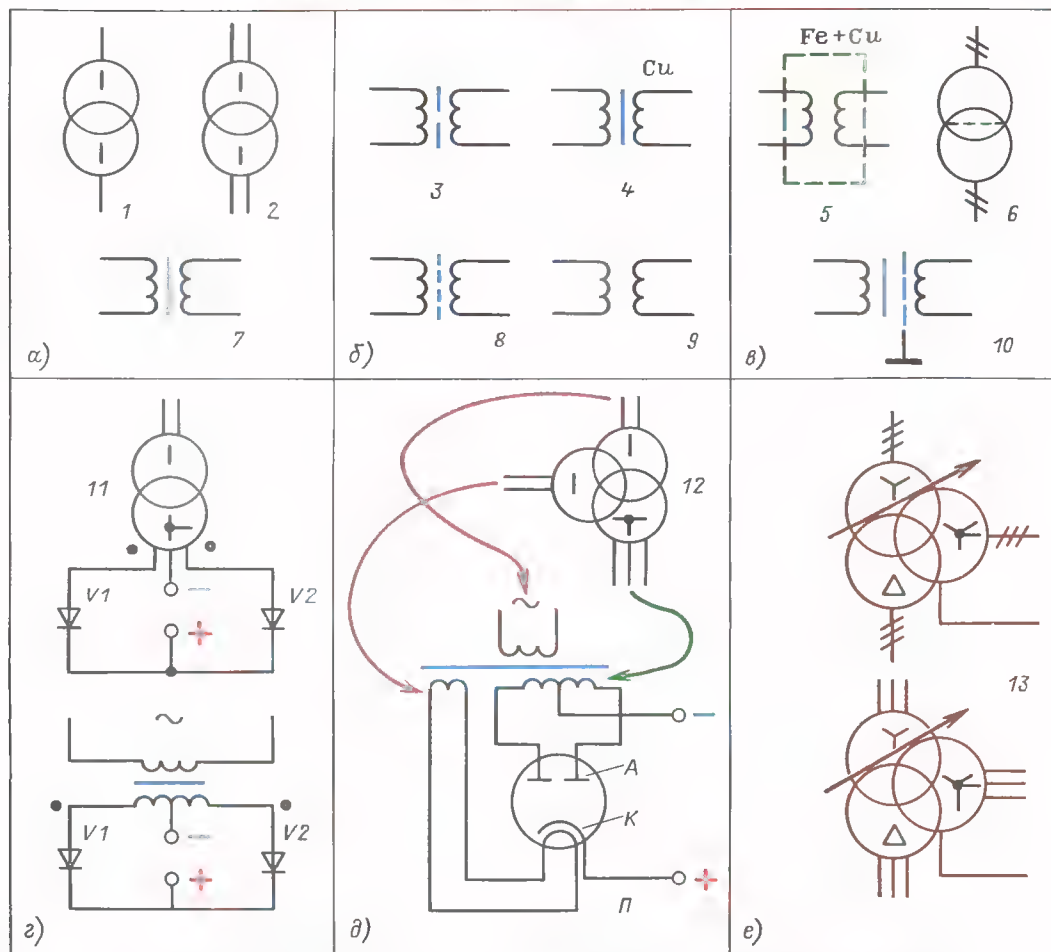


Рис. 2.19. Трансформаторы (примеры)

Автотрансформаторы

Однофазный автотрансформатор в однолинейном 1 и многолинейном 2 изображениях показан на рис. 2.20,а. Примеры применения однофазных трансформаторов: 3 — понижение напряжения сети с 220 В для питания прибора (например, бытового холодильника) на номинальное напряжение 127 В; 4 — повышение напряжения с 127 до 220 В.

К другим выводам присоединены аноды А (точки, обозначающие начала полуобмоток, опущены, так как и без них все ясно). Другая вторичная обмотка питает подогреватель П катода К. Трехобмоточный силовой трансформатор 13 показан на рис. 2.19,е в однолинейном (сверху) и многолинейном (снизу) изображениях.

Первичная, регулируемая, обмотка соединена в звезду. Одна из вторичных обмоток соединена в звезду с выведенной нейтралью, другая — в треугольник.

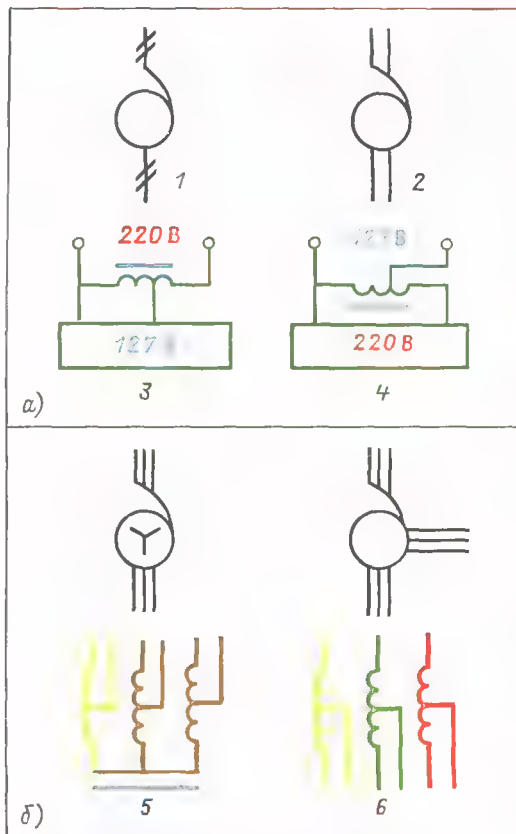


Рис. 2.20. Автотрансформаторы (примеры)

На рис. 2.20,б изображены трехфазные автотрансформаторы: 5 — обмотки соединены в звезду, 6 — с девятью выводами.

Закрепим полученные сведения, выполнив упражнения 2.8 и 2.9.

Упражнение 2.8

Обратившись к рис. 2.21, разобраться в том, что на нем изображено, и ответить на вопросы. 1. Какой трансформатор показан на рис. 2.21,а?

На что указывают: расположение на нем обозначения регулирования и цифра 5? Относятся ли синие стрелки к обозначениям трансформатора?

2. Что изображено на рис. 1.21,б? Можно ли

вывод от нейтральной точки направить влево или вниз? 3. Какое соединение трехфазного трансформатора 5 показано на рис. 2.21,в? Что обозначено цифрами 6 и 7? Какой смысл может иметь соединение в разомкнутый треугольник? Одинаково ли назначение заземлений первичной и вторичной обмоток? 4. Что изображено на рис. 2.21,г? Что обозначают буквы V в изображении измерительных приборов и похожие знаки, вписанные в обозначения обмоток? Зачем трансформаторы соединяют в открытый треугольник?



Ответы

1. Однофазный трансформатор со ступенчатым регулированием: 1 — форма I, 2 — форма II. Стрелка, обозначающая регулирование, расположена на регулируемой обмотке, цифра 5 — число ступеней. Синие стрелки к обозначениям отношения не имеют: они в данном случае "связывают" (в учебных целях) изображения одного и того же трансформатора в разных формах.

2. Трехфазный трансформатор. Первичная обмотка соединена в треугольник, вторичная — в зигзаг с выведенной нейтральной точкой: 3 — форма I, 4 — форма II. Вывод от нейтральной точки можно изобразить с любой стороны, но если его направить вниз, то на линии, отходящей от вторичной обмотки, надо показать не три, а четыре черточки.

3. Первичная обмотка трансформатора 5 соединена в звезду с выведенной нейтральной заземленной точкой, вторичная — в разомкнутый треугольник, одна из вершин которого заземлена; 6 и 7 — обозначения видов соединений, которые следует вписать в окружности, изображающие обмотки трансформатора в форме I.

Соединение в разомкнутый треугольник может иметь несколько применений, например получение токов тройной частоты, обнаружение повреждений изоляции и др. Так, например, если "замкнуть треугольник" через обмотку реле, то оно будет срабатывать при повреждении изоляции и произведет заданное действие: включит сигнал, отключит заземленный участок, включит резерв и т. п. Действительно, в нормальных условиях, а также при коротких замыканиях, но без заземления геометрическая сумма фазных напряжений равна нулю. Следовательно, напряжение на обмотке реле равно нулю и оно не срабатывает. Однако при замыкании на землю в напряжениях появится составляющая нулевой последовательности: реле сработает. В нашем примере заземление нейтрали первичной обмотки — необходимое

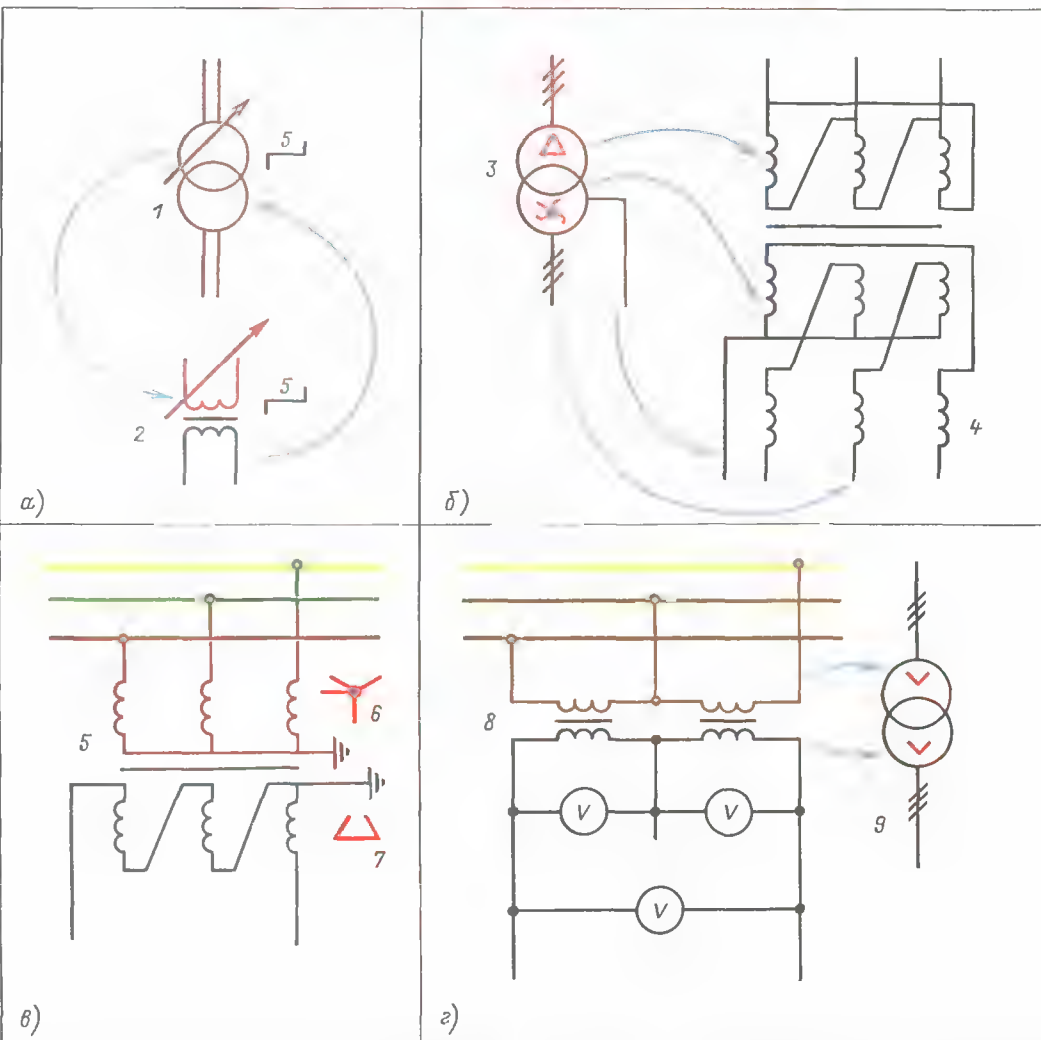


Рис. 2.21. Трансформаторы однофазные и трехфазные. К упражнению 2.8

Знаки (красные), похожие на букву V, — обозначения вида соединения.

Соединение измерительных трансформаторов в открытый треугольник выгодно, так как достаточно двух однофазных трансформаторов, чтобы измерить три линейных напряжения; 8 и 9 — изображения в формах II и I соответственно.

условие для действия схемы, так как именно благодаря заземлению первичная обмотка каждой фазы включена на ее напряжение относительно земли. Заземление вторичной обмотки трансформатора — средство обеспечения безопасности на случай повреждения изоляции между первичной и вторичной обмотками.

4. Два однофазных трансформатора (у каждого показан свой магнитопровод), соединенные в открытый треугольник. Буквы V в изображении приборов указывают, что это вольтметры.

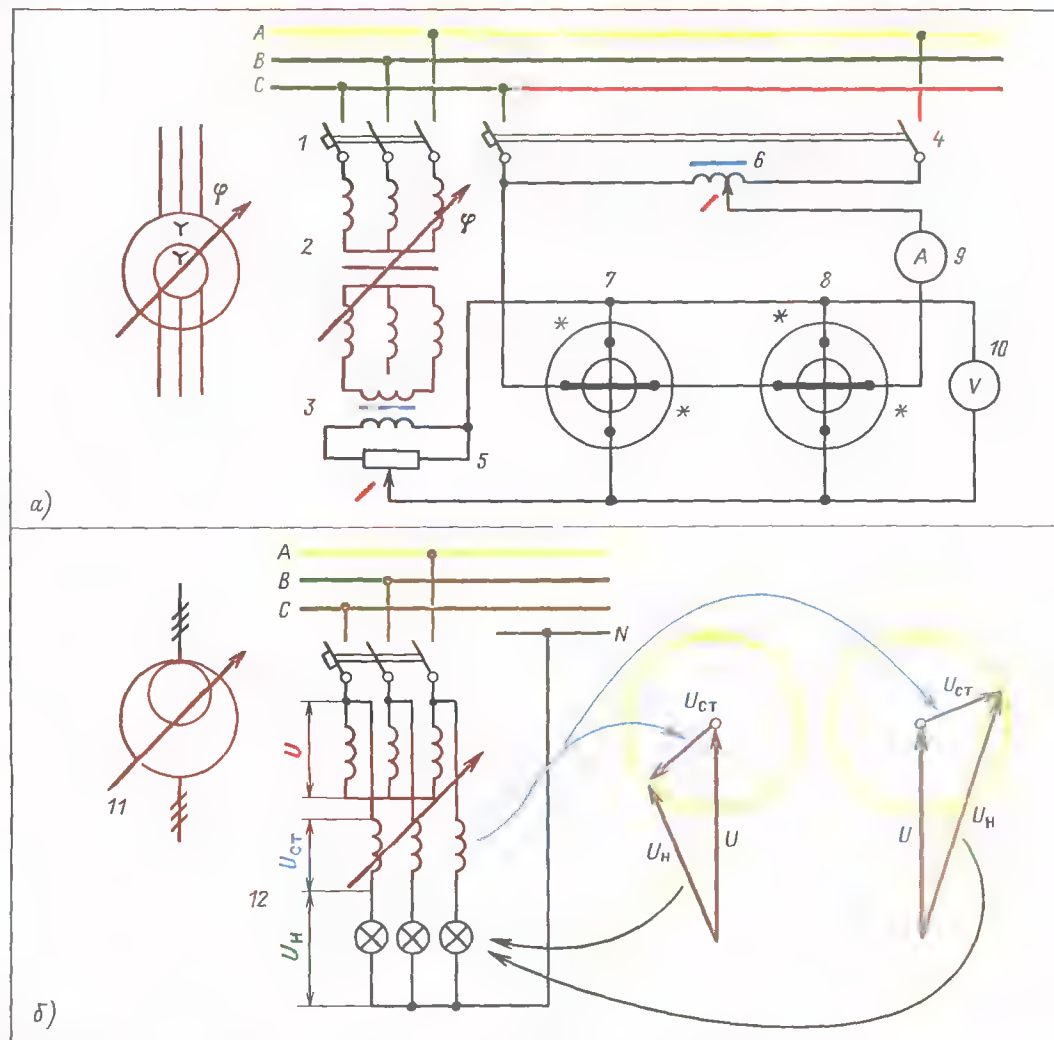


Рис. 2.22. Примеры применения фазорегулятора (а) и потенциал-регулятора (б). К упражнению 2.9

Упражнение 2.9

Применения фазорегулятора и потенциал-регулятора (индукционного регулятора) иллюстри-

рует рис. 2.22. Фазорегулятор представляет собой асинхронную машину с заторможенным ротором. Поворачивая ротор относительно статора, плавно изменяют фазу ЭДС ротора, не изменяя ее по значению. Слева на рис. 2.22, а фазорегулятор φ показан в форме I, справа – в схеме – в форме II.

Статор 2 фазорегулятора через автоматический выключатель 1 присоединен к сети трехфазного переменного тока A, B, C. От ротора фазорегулятора через трансформатор 3 получают питание обмотки напряжения двух watt-

метров: поверяемого 7 и эталонного 8. Напряжение плавно регулируют потенциометром 5, фазу — фазорегулятором φ . Напряжение измеряется вольтметром 10. Токовые обмотки ваттметров получают питание от автотрансформатора 6 с плавной регулировкой. Ток измеряется амперметром 9. Автотрансформатор присоединен к сети через автоматический выключатель 4.

Потенциал-регулятор на рис. 2.22,б показан в двух формах: 11 — в форме I, 12 — в форме II. Он представляет собой заторможенную асинхронную машину; ее ротор, соединенный в звезду, получает питание от сети трехфазного тока. Одни выводы статора присоединяются к сети; к другим присоединяется нагрузка. Таким образом, напряжение на нагрузке определяется геометрической суммой напряжения сети U и напряжения $U_{ст}$, индуктированного в обмотке статора. Поворачивая ротор, можно плавно регулировать значение напряжения, подведенного к нагрузке, но при этом непрерывно меняется также и его фаза (см. векторную диаграмму, помещенную рядом со схемой).

Ответить на вопросы: 1. На каком основании фазорегулятор называется трансформатором трехфазным поворотным, а потенциал-регулятор — автотрансформатором трехфазным поворотным? 2. Почему напряжения, подводимое к ваттметрам, регулируют потенциометром 5, а не реостатом? 3. Что обозначают стрелочка и красная черточка в изображении автотрансформатора 6? 4. Что обозначают звездочки у изображения ваттметров 7 и 8 на рис. 2.22,а? 5. С какой целью на рис. 2.22,б приведены две векторные диаграммы? В каких пределах можно изменять напряжение U_H на нагрузке с помощью потенциал-регулятора?



Ответы

1. У фазорегулятора обмотки ротора и статора электрически изолированы, значит — это трансформатор. У потенциал-регулятора обмотки имеют общую точку, следовательно, потенциал-регулятор является автотрансформатором.

2. Потенциометр дает возможность изменять напряжение от нуля (на рисунке подвижный контакт занимает крайнее левое положение) до максимума — подвижный контакт в крайнем правом положении.

3. Подвижный контакт (стрелочка) и плавное регулирование (черточка).

4. Звездочки — обозначения тех зажимов ваттметров (и счетчиков), которыми они должны быть присоединены со стороны питания.

5. Две векторные диаграммы соответствуют двум положениям ротора. Они иллюстрируют изменения U_H и углов между U и U_H . Напряжение U_H может изменяться от $U - U_{ст}$ до $U + U_{ст}$.

Выпрямители

Однополупериодные выпрямители. На рис. 2.23,а слева показано выпрямление с помощью диода — кенотрона, т. е. двухэлектродной (анод A и катод K) электронной лампы прямого накала. Через нагрузку R проходит выпрямленный ток в те полупериоды переменного тока, когда анод кенотрона имеет положительный потенциал, чему соответствуют знаки “+” и “—”, написанные у выводов нагрузки.

Кенотрон на рис. 2.23,а справа имеет косвенный накал. Это значит, что подогреватель P получает питание, не связанное с цепью выпрямленного тока, например от отдельной обмотки трансформатора. Буквой B обозначен баллон.

Ионный выпрямитель — газотрон (представляющий собой двухэлектродную лампу с накаливаемым катодом, наполненную парами ртути или инертным газом) показан на рис. 2.23,б. Положение жирной точки G , обозначающей газовое наполнение, внутри баллона не устанавливается.

Две схемы однополупериодного выпрямления полупроводниковыми диодами изображены на рис. 2.23,в. Вершина треугольника указывает направление наибольшей проводимости. В соответствии с этой условностью на схемах проставлены стрелки, которые указывают различные направления токов на нагрузках $R1$ и $R2$. Кроме того, через $R1$ и $R2$ токи проходят неодновременно: через $R1$ в положительные, а через $R2$ в отрицательные полупериоды.

В схемах на рис. 2.23,в последовательно

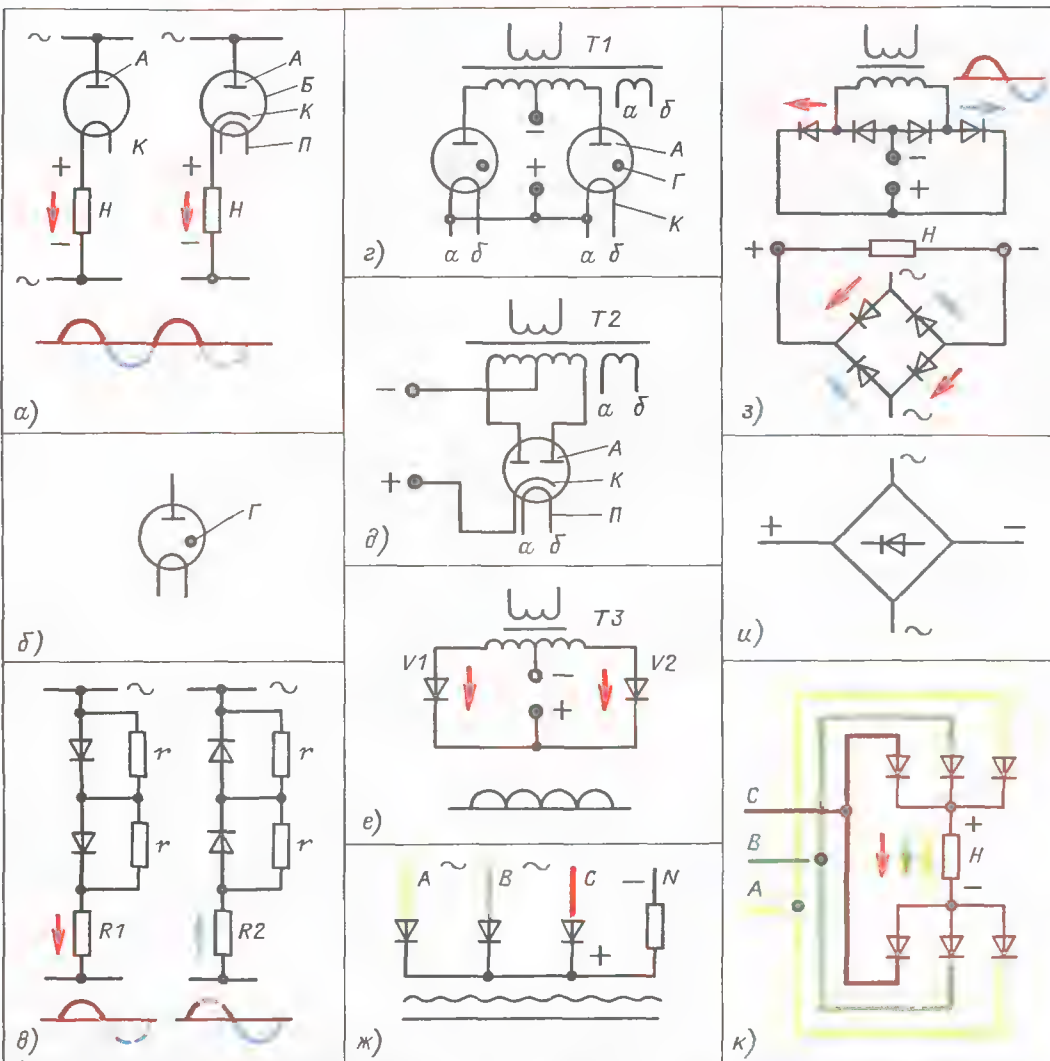


Рис. 2.23. Выпрямители, примеры

включено по два диода, а параллельно каждому из них присоединены резисторы r .

Эти резисторы выравнивают значения обратных напряжений, приходящихся на каждый диод, предотвращая их пробой. Выравнивать обратные напряжения необходимо по той причине, что полупроводни-

ковые диоды обычно имеют различные вольт-амперные характеристики.

Обратим внимание на то, что обозначения полупроводниковых диодов дважды изменялись. Сначала треугольник зачерняли. Затем ограничивались изображением контуров треугольника. И наконец утвердилось обозначение, принятое на рис. 2.23, в, е–к.

Двухполупериодные выпрямители. Двухполупериодный выпрямитель (рис. 2.23,з) образован двумя ионными приборами — газотронами, которые получают питание от трехобмоточного трансформатора *Т1*. Катоды *К* обоих газотронов соединены и образуют положительный вывод “+”. Отрицательным выводом “—” служит нейтральная (средняя) точка трансформатора. В положительный полупериод ток проводит один газотрон, в отрицательный — другой.

Выводы катодов обозначены буквами *а* и *б*, так же как и выводы той обмотки трансформатора, которая предназначена для питания цепей накала. Соединение цепей накала с трансформатором обычно не показывают, так как оно подразумевается.

На рис. 2.23,д показана схема двухполупериодного выпрямления электронной лампой — кенотроном с двумя анодами *А* и косвенным накалом; катод *К* с подогревателем *П* не соединен. В положительный полупериод ток проходит через один анод; в отрицательный — через другой.

Схемы соединений полупроводниковых диодов с нулевым выводом — однофазная и трехфазная — изображены на рис. 2.23,е и ж соответственно. В трехфазной схеме отрицательным выводом “—” служит нулевая точка вторичной обмотки трансформатора (первичная обмотка не показана). Сравнение кривых выпрямленного напряжения показывает, что при трехфазной схеме пульсации выпрямленного напряжения меньше, т. е. выпрямление совершеннее.

Однофазная мостовая выпрямительная схема соединения полупроводниковых диодов показана на рис. 2.23,з снизу. В положительный полупериод переменного тока ток проходит в направлении красных стрелок через два плеча моста. В отрицательный полупериод — через другие два плеча — в направлении синих стрелок. Направление тока в нагрузке *Н* как в положительный, так и в отрицательный полу-

период не изменяется. Стрелки на схемах не ставят.

На рис. 2.23,з сверху этот же мост расположен иначе, т. е. именно так, как набирают отдельные диоды в выпрямительный столб (в данном случае речь идет о столбе, имеющем по одному диоду в плече, но это далеко не единственная схема сборки мостов).

На рис. 2.23,и дано упрощенное, но весьма употребительное обозначение выпрямителя.

Трехфазная мостовая выпрямительная схема соединений полупроводниковых диодов показана на рис. 2.23,к. Работа этой схемы рассмотрена ниже в упражнении 2.10.

Ртутные выпрямители (вентили). В основу изображения ртутного выпрямителя (рис. 2.24) положены обозначения: *1* — баллона с обозначением газового наполнения (жирная точка), анода *2*, жидкого катода *3*, сетки *4*, поджигающего электрода *5*. В обозначениях ртутных вентилей ионное наполнение допускается не указывать.

Общее обозначение ртутного вентиля — 6. Если нужно подчеркнуть, что вентиль управляем, то изображают сетку, получая обозначение *7*.

По способу зажигания ртутные вентили разделяются на **игнитроны** и **экзитроны**. Например, *8* — это **игнитрон** с тремя поджигающими электродами и сеткой. **Обратите внимание:** поджигающие электроды погружены в ртуть, что отражает принцип действия зажигания (игнитрон зажигается в каждый положительный полупериод).

Обозначение *9* — **экзитрон**. Вспомогательный (зажигающий анод) не доходит до ртути. Он действует только в начале работы вентиля, после чего возникающая дуга возбуждения продолжает гореть между катодом и вспомогательным анодом независимо от дуги между катодом и главным анодом.

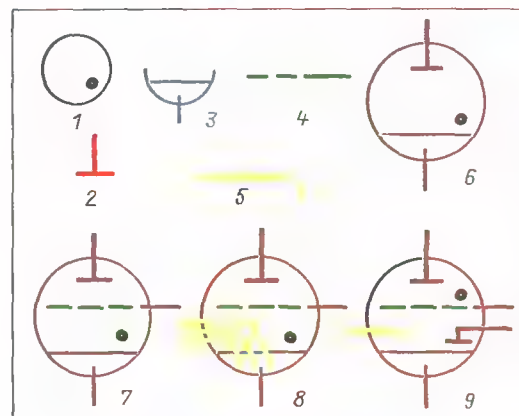


Рис. 2.24. Ртутные выпрямители

Тиристоры (рис. 2.26,а) имеют три перехода: PN , NP и PN^* (токи соответственно i_1 , i_2 и i_3), с двумя основными электродами — анодом A и катодом K — и управляющим электродом $У$.

На управляющий электрод подается напряжение, условно здесь обозначенное U , через регулируемый резистор R или же изменяемое надлежащим образом каким-либо иным способом.

Тиристоры диодные на схемах изображают, как показано на рис. 2.26,б, где 1 — тиристор, запираемый в обратном направлении, 2 — то же, проводящий в обратном направлении, 3 — симметричный.

Тиристоры триодные (рис. 2.26,в): 4 — общее обозначение; 5 — запираемый в обратном направлении, с управлением по аноду; 9 — то же по катоду; 6 — запираемый в обратном направлении, выключаемый, с управлением по аноду; 10 — то же по катоду; 7 — проводящий в обратном направлении, с управлением по аноду; 11 — то же по катоду; 8 — симметричный (двунаправленный).

* Раньше для обозначения областей электронных приборов употребляли строчные (маленькие) буквы n и p .

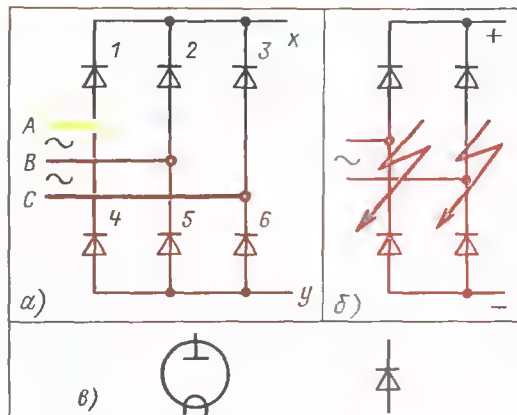


Рис. 2.25. Выпрямители. К упражнению 2.10

Важное замечание. Полупроводниковые приборы существенно упростили и изменили устройства электропривода, выпрямительных установок, устройств управления и автоматики. И возможности полупроводниковых приборов далеко не исчерпаны. Дешевые, надежные, занимающие мало места кремниевые диоды, являющиеся хорошим средством разделения цепей, упростили устройства автоматики и телемеханики, заменив в них многие контакты, которые служили только для предотвращения ложных цепей. Питание через выпрямители от сети переменного тока включающих и отключающих электромагнитов приводов выключателей высокого напряжения повысило надежность приводов.

Силовые кремниевые выпрямители почти полностью заменили ртутные выпрямители для питания электрической тяги и других мощных потребителей постоянного тока, зарядки аккумуляторных батарей, возбуждения синхронных машин и т. п.

Все большее распространение получает тиристорное управление двигателями.

Основой полупроводниковых усилителей являются транзисторы; их обозначения приведены ниже в этом же параграфе при рассмотрении усилителей.

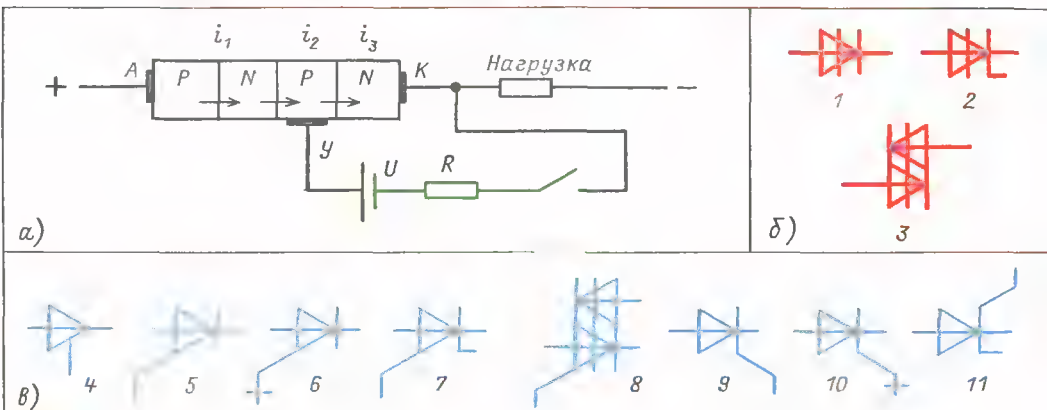


Рис. 2.26. Тиристоры

Упражнение 2.10

Для выполнения этого упражнения воспользуемся рис. 2.25. Ответить на вопросы. 1. Какая схема изображена на рис. 2.25,а? Что следует написать на ней вместо букв x и y ? Куда нужно присоединить нагрузку? Через какие диоды проходит ток в положительный полупериод фазы A ? фазы B ? фазы C ? 2. Какая схема выпрямления показана на рис. 2.25,б? В результате какой ошибки персонала произошло короткое замыкание, показанное на рисунке красными стрелками? 3. На рисунке 2.25,в показаны два диода: двухэлектродная электронная лампа (слева) и полупроводниковый диод (справа). Полагая, что их параметры (ток, напряжение) и направления проводимости одинаковы, и оставляя в стороне конструктивные особенности, решить, чем различаются эксплуатационные свойства этих диодов. 4. На рис. 2.23,е и ж приведены нулевые схемы выпрямления, а на рис. 2.23,з и к — мостовые. Какие из них наиболее благоприятны для работы питающего трансформатора?

Ответы

1. Трехфазная мостовая выпрямительная. Вместо x следует написать "+", вместо y — "-". Нагрузку следует присоединить между плюсом и минусом. В положительный полупериод фазы A ток проходит через диоды 1, 5 и 6. В положительный полупериод фазы B — через диоды 2, 4 и 6. В положительный период фазы C — через

диоды 3, 4 и 5. В любом случае ток нагрузки направлен от зажима "+" к зажиму "-".

2. Однофазная мостовая. Ошибка состояла в том, что переменный ток был ошибочно подан на зажимы "+" и "-".

3. Электронная лампа инерционна. Она начнет работать только после того, как катод достаточно накалится, а на это требуется время. Полупроводниковый диод вступает в работу немедленно.

4. В мостовых схемах выпрямления по первичным и вторичным обмоткам трансформатора проходит чисто переменный ток, это хорошо. В нулевых системах по вторичным обмоткам трансформатора проходят однонаправленные токи, создающие однонаправленный поток вынужденного намагничивания. Это плохо, так как поток вынужденного намагничивания сильно повышает индукцию в магнитопроводе трансформатора, что приводит к увеличению намагничивающего тока, нарушению магнитного равновесия, возникновению высших гармоник. Следовательно, для работы трансформаторов, питающих выпрямители, мостовые схемы благоприятнее нулевых.

2.6. Магнитные пускатели, контакторы, реле.

Вспомогательные контакты.

Электромагниты, муфты, тормоза

Магнитные пускатели и контакторы

Прежде чем рассматривать графические обозначения магнитных пускателей, контакторов, реле и электромагнитов, одним

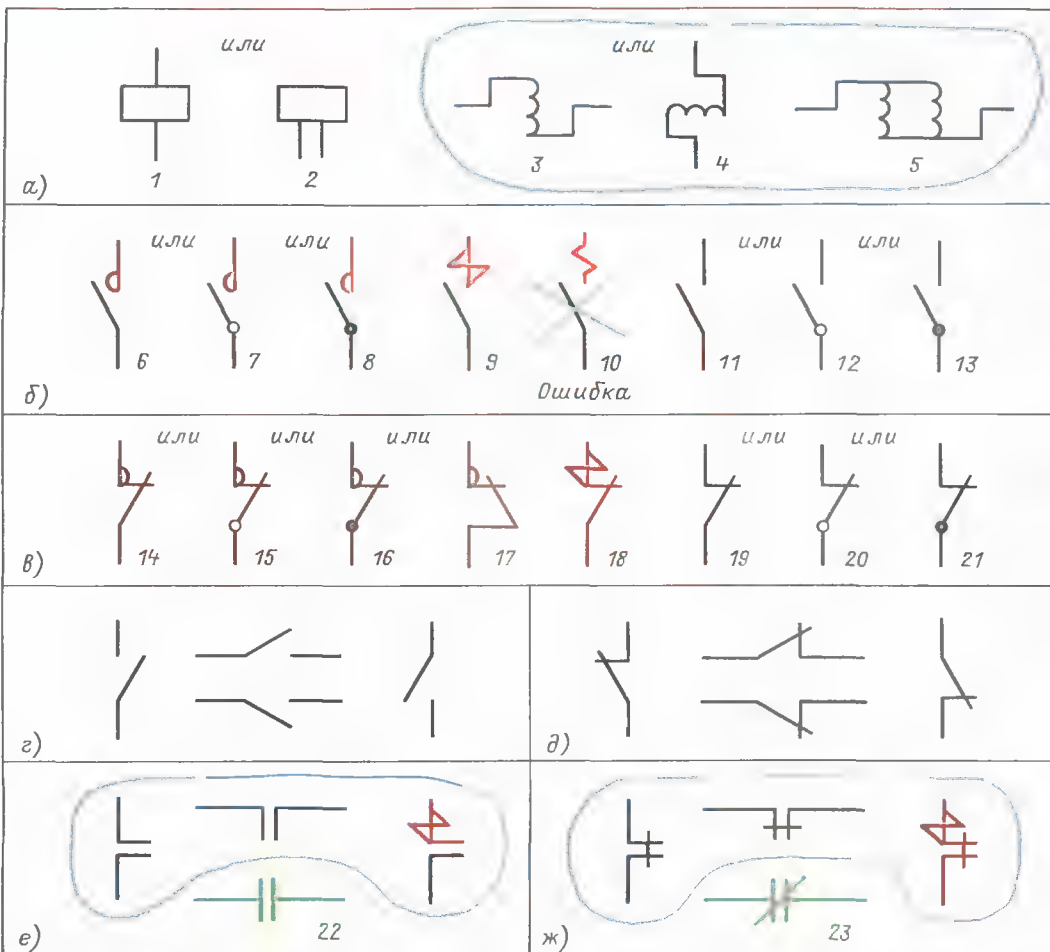


Рис. 2.27. Магнитные пускатели и контакторы

словом, всего того, что называется электромеханическими устройствами, подчеркнем особенности терминологии. Это важно по той причине, что до сравнительно недавнего времени в ней существовал разноречивый, т. е. одно и то же называли по-разному. Например: обмотка и катушка; аппарат срабатывает, притягивает; аппарат отпадает, отпускает, возвращается; контакт нормально открытый, нормально разомкнутый, замыкающий;

контакт нормально закрытый, нормально замкнутый, размыкающий.

В настоящее время в стандартах принята единая терминология, сводящаяся в основном к следующему.

1. Слово *обмотка* применяется в электрических машинах, трансформаторах, автотрансформаторах, магнитных усилителях, измерительных приборах.

2. Слово *катушка* относится к электромеханическим устройствам, а именно к магнитным пускателям, реле, контакторам, электромагнитам. Однако катушка элект-

троемеханического устройства может иметь несколько обмоток.

3. Электромеханическое устройство срабатывает (при достаточно большом токе) и возвращается при отключении или значительном уменьшении тока. Таким образом, употребительны, как правило, термины: *срабатывание* и *возврат*. Но иногда используются также термины *притягивание* и *отпускание*, если в конкретном случае употребление этих слов более четко отражает существо дела.

4. О контактах говорят: *замыкающие* и *размыкающие*. Замыкающий контакт замыкается при срабатывании, но размыкается при возврате. Размыкающий размыкается при срабатывании, но замыкается при возврате.

Перейдем к рассмотрению обозначений. *Катушки* обозначают, как на рис. 2.27,а. Обозначения 1 и 2 равноценны; они различаются только расположением выводов. Обозначения 3–5 устарели [5 – катушки двух контакторов (магнитных пускателей) соединены параллельно].

Замыкающие контакты (рис. 2.27,б) – для коммутации силовоточной цепи 6–9, причем 9 – дугогасительный контакт, т. е. такой, который содержит камеру с катушкой магнитного дутья, набором стальных пластин или другими конструктивными средствами дугогашения. Обозначения 11–13 – это контакты в цепях управления и сигнализации. При изображении дугогасительного контакта иногда допускают ошибку (ср. верное обозначение 9 с ошибочным 10).

Размыкающие контакты (рис. 2.27,в) – для коммутации силовоточной цепи 14–18, причем контакт 18 – дугогасительный. Обозначения 19–21 – это контакты в цепях управления и сигнализации.

Изображения контактов замыкающих (рис. 2.27,г) и размыкающих (рис. 2.27,д) на схемах можно располагать любым способом.

Устаревшие, но весьма распространенные обозначения замыкающих и размыкающих контактов показаны на рис. 2.27,е и ж соответственно.

Воспользуемся случаем, чтобы пояснить, как были образованы эти обозначения: очень простые, удобные, занимающие мало места, и по каким причинам они в настоящее время отменены. Эти обозначения были введены в 1955 г., когда впервые появился ГОСТ на обозначения условные графические в схемах. До этого времени ведущие электротехнические предприятия и проектные организации пользовались сложившимися обозначениями для силовых и осветительных электроустановок. То же самое имело место в схемах устройств слабого тока. Но одни и те же обозначения в силовоточных установках имели одно значение, а в слаботочных совершенно другое.

Так, например, "силовоточники" изображали замыкающий контакт, так же как "слаботочники" изображали конденсатор постоянной емкости (рис. 2.27,е, поз. 22). Аналогично силовоточники изображали размыкающий контакт, так же как слаботочники изображали конденсатор переменной емкости (рис. 2.27,ж, поз. 23). А так как в одном и том же стандарте одно и то же обозначение не может иметь двух различных значений, пришлось обозначения контактов изменить. Проще всего было просто отбросить половину обозначения конденсатора (замыкающий контакт), а в размыкающем контакте, кроме того, повернуть оставшуюся половину наклонной черты. Так и сделали.

Обозначения рис. 2.27,е и ж в настоящее время заменены в связи с тем, что государственные стандарты СССР приведены в соответствие стандартам СЭВ, которыми и установлены принятые обозначения.

Упражнение 2.11

Руководствуясь рис. 2.27,б и в, ответить на вопросы. 1. Можно ли в одной и той же схеме использовать равноценные обозначения 6–8 (11–13, 14–17, 19–21)? 2. Обязательно ли в силовых цепях пользоваться обозначениями 6–8 (14–17) или можно обойтись более простыми обозначениями 11–13 (19–21)?

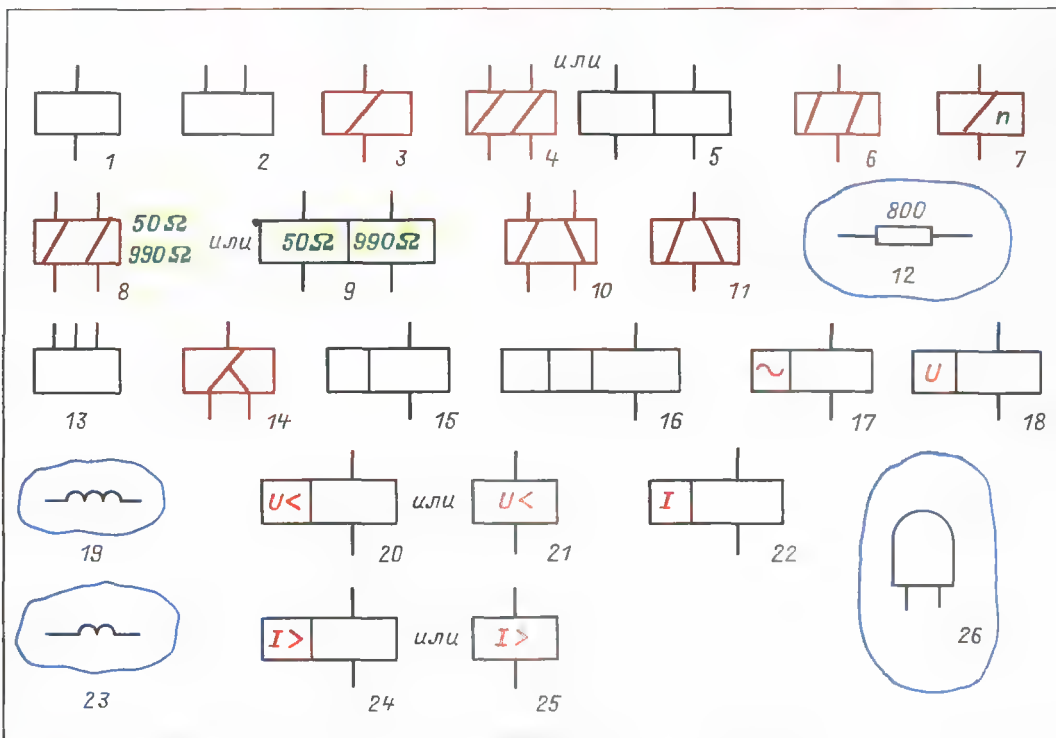


Рис. 2.28. Обозначения катушек реле, не обладающих специальными свойствами



Ответы

1. Можно, но не следует: это уродливо. Надо принять что-нибудь одно.

2. Если совершенно очевидно, что цепь силовая (например, контакты введены в цепь статора электродвигателя), то вместо обозначений 6–8 (14–17) можно использовать более простые, а именно 11–13 (19–21).

Реле электрические

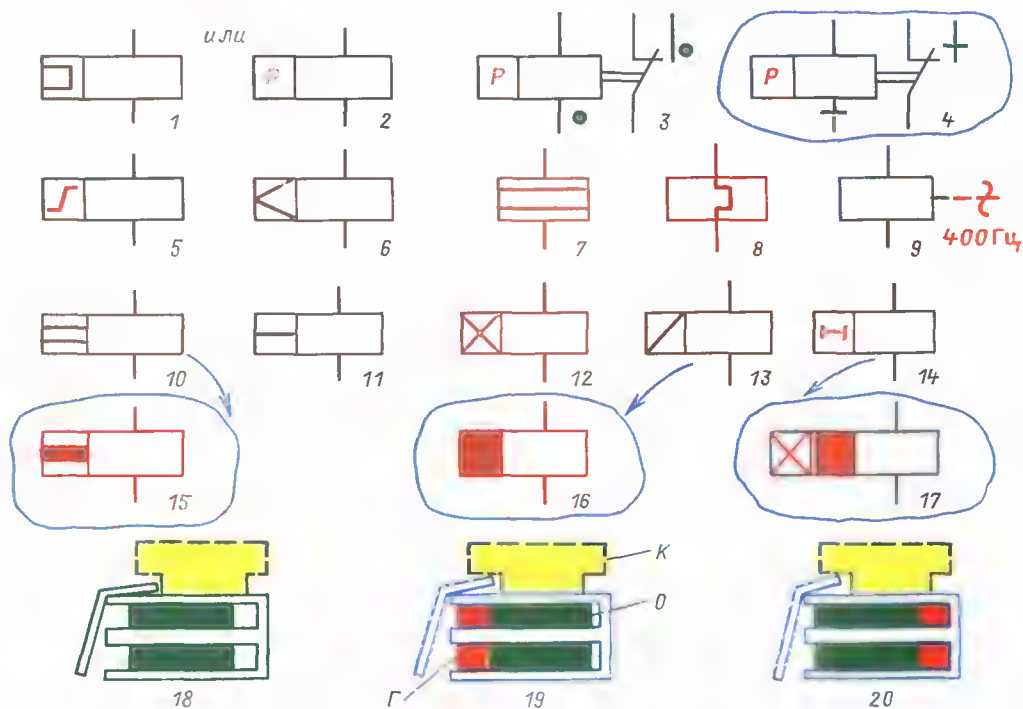
В обозначениях реле произошли наибольшие изменения. Поэтому эти обозначения рассматриваются более подробно.

Катушки изображают так, как показа-

но на рис. 2.28, где поз. 1 и 2 отличаются только направлением выводов.

В устройствах автоматики, телемеханики, телефонии применяют реле как однообмоточные, так и с катушками, имеющими несколько обмоток. Если нужно подчеркнуть, что катушка является однообмоточной, то применяют обозначение 3, т. е. рисуют наклонную черту. Двухобмоточные катушки обозначают 4 или 5. Если же обмотки двухобмоточного реле разнесены по схеме (т. е. изображают их в разных местах), то на их принадлежность к двухобмоточной катушке указывают две наклонные черты 6. Буква *n*, заменяющая цифры в обозначении 7, указывает на то, что катушка имеет *n* обмоток.

Числа, написанные около прямоугольника 8 или в прямоугольниках 9, — это сопротивления обмоток. В нашем примере



сопротивление одной обмотки 50, а другой 990 Ом.

Некоторые реле имеют катушки 10 с двумя встречными обмотками; одна из них намагничивает магнитопровод, другая — размагничивает. Если встречные обмотки одинаковы, то катушка 11 бифилярна — она равносильна проволочному безындуктивному сопротивлению. Раньше бифилярные обмотки изображали просто как резистор 12, цифры над которым указывали его сопротивление, в нашем примере 800 Ом.

Обмотка трехфазного тока — 13. Если обмотка имеет отвод, то ее изображают, пользуясь обозначением 14.

Если нужно конкретизировать обозначение катушки, то в дополнительные графические поля вписывают буквы. Катушка с одним дополнительным полем — 15,

Рис. 2.29. Обозначения катушек реле, обладающих специальными свойствами

с двумя — 16. Линию между дополнительными полями допускается опускать (не показано). Примеры использования дополнительных полей: 17 — катушка переменного тока; 18 или 19 — катушка с обмоткой напряжения (обозначение 19 тремя полукругностями устарело); 22 или 23 — катушка с токовой обмоткой (обозначение 23 двумя полукругностями устарело).

Возможна еще большая конкретизация: так, 20 и 21 — катушки с обмотками минимального напряжения, а 24 и 25 — максимального тока.

В схемах релейной защиты нередко применяют обозначение 26, но оно стандартом не предусмотрено.

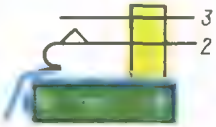
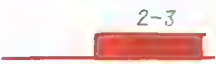
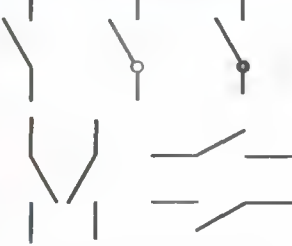
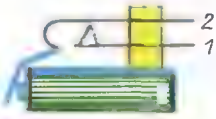
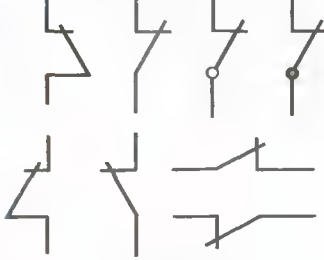
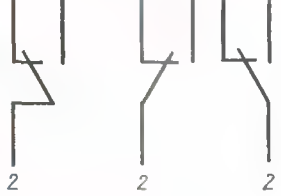
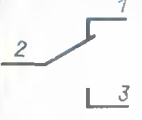
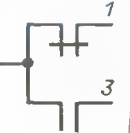
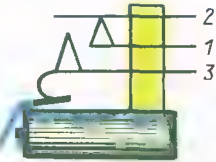
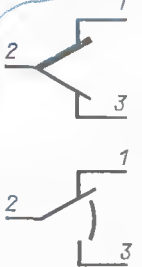
З   а)	или или или 	Форма I 	Форма II 
Р   б)	или или или 		
П   в)	1 3 1 3 1 3 		
δР   г)	1 3 		

Рис. 2.30. Общие обозначения контактов

В некоторых случаях приходится изменять реле, конструкции катушек которых придают этим реле специальные свойства. Рассмотрим эти обозначения, воспользовавшись рис. 2.29.

На этом рисунке показаны: 1 и 2 — катушки поляризованного реле, т. е. такого реле, которое срабатывает только при определенном направлении тока, на что указывает изображение магнита в дополнительном поле обозначения 1 или буква *P* в обозначении 2. Обратите внимание: в примерах применения обозначения 2 вывод катушки, на которую должен быть подан "4", чтобы реле сработало (т. е. чтобы контакт переключился), отмечен точкой (3) или черточкой (4). Обозначение 4 устарело.

Катушку, обладающую остаточным магнетизмом, обозначают по 5, имеющую механическую блокировку — по 6, нечувствительную к переменному току — по 7, воспринимающую часть электротеплового реле (т. е. биметаллическую пластину или ее нагреватель) — по 8. Если же электромеханическое устройство работает с механическим резонансом, то для обозначения катушки устройства пользуются обозначением 9, где надпись 400Hz (в нашем примере) — это резонансная частота.

Особое внимание читателей обратим на обозначения 10–17. Здесь: 10 и 15 — катушка электромеханического устройства, работающего с ускорением при срабатывании; 11 — то же при срабатывании и возврате; 12 — с замедлением при срабатывании; 13 и 16 — то же при возврате; 14 и 17 — при срабатывании и возврате.

Важные особенности современных обозначений 10–14 и устаревших 15–17 состоят в следующем. 1. Обозначения претерпели значительные изменения (ср. 10 и 15; 13 и 16; 14 и 17). 2. В первом стандарте, который установил эти обозначения

(1955 г.), было подчеркнуто, что они служат для указания "выдержки времени на обмотке", т. е. с помощью медных гильз или шайб, надеваемых на сердечник реле, специальным исполнением магнитопровода, якоря и т. п. Для реле, в которых замедление достигается другими способами, например с помощью часового механизма, пневматики, электродвигателя с редуктором и т. д., — обозначения 10–17 применять не следует.

Не следует также применять эти обозначения, если ускорение (замедление) получают путем введения в цепь катушки (или присоединения параллельно ей) резисторов, конденсаторов, диодов, т. е. "внешних элементов", не относящихся к самой катушке.

Конкретизируем полученные сведения, выполнив упражнение 2.12.



Упражнение 2.12

Руководствуясь рис. 2.28, ответить на вопросы. 1. Почему в обозначениях 4 и 10 по четыре вывода, а в обозначении 6 только два? 2. Объяснить, как достигается выдержка времени на обмотке? 3. Как надо правильно обозначить на схеме реле 18, 19 или 20 (рис. 2.29)? 4. Если, как сказано выше, не следует применять обозначения 10–17 для изображения катушек реле времени с часовым механизмом, а также тех реле, в которых замедление (ускорение) достигается присоединением "внешних элементов", то: а) как правило, надо изображать их катушки; б) как же узнать, что эти реле работают с выдержкой времени?



Ответы

1. Обозначения 4 и 10 изображают катушки с двумя обмотками. Поэтому у них по четыре вывода; обозначение 6 изображает только одну из двух обмоток двухобмоточной катушки при разнесенном изображении, поэтому у нее два вывода.

2. На рис. 2.29 18 — реле, которое не имеет деталей для создания выдержки времени. У реле 19 и 20 такая деталь есть. Это медная гильза Г (или набор медных шайб). Но в одном случае (19) она расположена вблизи якоря, в другом (20) — со стороны, противоположной якорю.

При включении катушки 19 (пока ток в ней нарастает от нуля до установившегося значения) в гильзе индуцируются вихревые токи. Создаваемое ими в это время магнитное поле вытесняет магнитный поток из якоря. Поэтому его движение (и, следовательно, переключение контактов К) начинается позже, чем включают реле 18. Иными словами, получается замедление при срабатывании — его иногда называют прямым замедлением.

У реле 20 гильза находится далеко от якоря; она практически не влияет на время срабатывания. Но когда катушку отключают, в гильзе возникают вихревые токи. Созданный ими магнитный поток удерживает якорь притянутым еще некоторое время. Так создается замедление при возврате — так называемое обратное замедление.

Естественно возникает вопрос: зачем для реле с гильзами установлены стандартные специальные обозначения, случайно ли это? Не случайно. Дело в том, что для того чтобы выдержка времени этих реле достигла заданного значения (например, 3 с), необходимо реле достаточно "зарядить", т. е. в нашем примере включить катушку не менее чем на 1,5 с. А так как реле с выдержкой времени на катушке весьма распространены в электроприводе, автоматике, телемеханике, телефонии, то эту их важную эксплуатационную особенность необходимо подчеркнуть в схеме. Другие способы ускорения и замедления подробно рассмотрены в § 7.2.

3. Реле 18 надо обозначить, как показано на рис. 2.28, поз. 1 или 2. Реле 19 формально надо изобразить так, как показано на рис. 2.29, поз. 12, т. е. как замедленное при срабатывании. Однако надо иметь в виду, что гильза, расположенная вблизи якоря, замедляет не только срабатывание, но и значительно большей мере и возврат. Следовательно, более уместно обозначение 14 (17). Реле 20 надо обозначить по 13 (16).

4. а) Надо пользоваться обозначением 1 или 2 (рис. 2.28); б) выдержка времени в любых случаях, независимо от способа ее получения, обозначается в изображении контактов (см. рис. 2.31).

Контакты. На рис. 2.30 показаны общие обозначения контактов, т. е. такие обозна-

чения, которые можно применять во всех без исключения случаях. Если же требуются уточнения, то пользуются более сложными обозначениями, которые приведены ниже на рис. 2.31 и 2.32.

Рисунок 2.30 разделен вертикальными линиями на четыре части.

В первой, считая слева, даны эскизы, поясняющие, как переключаются контакты, причем для облегчения изложения контактные пружины на рисунке условно перенумерованы, а именно: пружины 2 и 3 замыкаются при срабатывании, но размыкаются при возврате; пружины 1 и 2 замыкаются при срабатывании, но замыкаются при возврате. Под эскизами помещены диаграммы переключений, где красные прямоугольники показывают, что контакт замкнут. Прямоугольники, расположенные над осью времени, соответствуют контактам 2-3, под осью — контактам 1-2.

Правее показаны современные обозначения контактов. А еще правее — отмененные; они обведены волнистой линией. Заметим, что форма I употреблялась редко, а форма II весьма распространена. Дело в том, что форма I требует такой ориентации схемы, чтобы в о о б р а ж а е м а я с и л а (она условно изображена красными стрелками) действовала на контакт либо сверху вниз (при горизонтальном расположении цепей), либо слева направо — при вертикальном расположении, что крайне неудобно. Современные обозначения свободны от этого недостатка: контакты на чертеже можно располагать как угодно.

Перейдем к рассмотрению обозначений.

На рис. 2.30,а показаны возможные варианты изображений замыкающих контактов, которые при описании схем обозначают буквой з.

Все варианты равноценны, но в одной и той же схеме надо, понятно, пользоваться каким-нибудь одним из них. На рис. 2.30,б даны обозначения размыкающих контактов р.

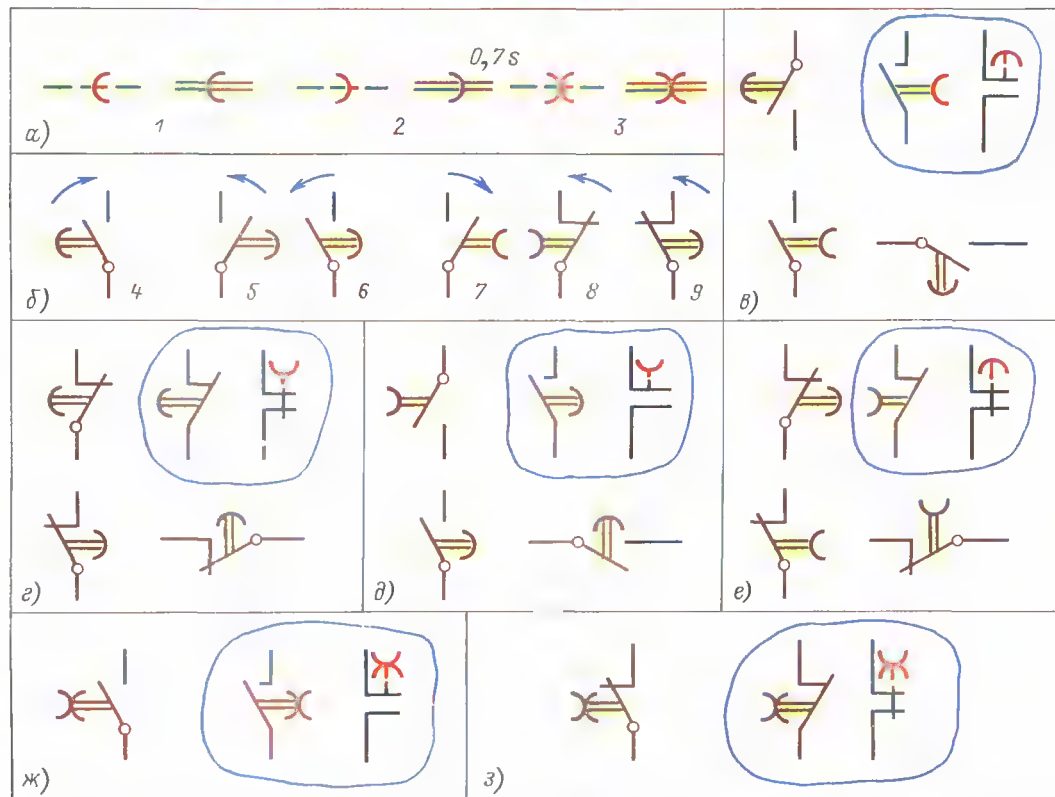


Рис. 2.31. Обозначение замедления на контактах

Переключающий контакт n (рис. 2.30,в) представляет собой сочетание замыкающего 2-3 и размыкающего 1-2 контактов с общей пружиной 2. Особенность переключающего контакта состоит в том: в процессе переключения оба контакта никогда не бывают одновременно замкнутыми, что явствует из диаграммы: между двумя прямоугольниками виден разрыв.

Контакт, переключающий без разрыва цепи, *бр* показан на рис. 2.30,г. При срабатывании раньше соединяются пружины 2 и 3, а затем пружина 2 приподнимается. В результате между нею и пружиной 1 образуется разрыв. При возврате явления протекают в обратной последовательности. Но, так или иначе, в процессе переключе-

ния оба контакта некоторое время одновременно замкнуты. Образуется как бы мостик, откуда и происходит распространенное название: *мостящий* контакт.

Обозначения замедления на контактах иллюстрирует рис. 2.31. Познакомимся сначала с системой обозначений; ее поясняет рис. 2.31,а. Суть дела сводится к следующему.

Замедление происходит при движении в направлении от дуги к ее центру. Значит, на рис. 2.31,а 1 изображает замедление при движении вправо, 2 — при движении влево, 3 — при движении в обоих направлениях.

Графическую связь дуги с изображением контакта показывают либо штриховой линией, либо двумя параллельными сплошными линиями.

Значение замедления, если нужно, можно проставлять около изображения замедлителя, в нашем примере $0,7s$.

Замедлитель (дугу) допускается изображать с любой стороны контакта, но, понятно, *направлять дугу нужно с учетом воображаемого направления движения*, которое на рис. 2.31,б показано синими стрелками. Стрелки на схемах, конечно, не изображают. Следовательно, на рис. 2.31,б: 4 и 5 — это замыкающие контакты, которые замыкаются с замедлением; 6 и 7 — замыкающие контакты, размыкающиеся с замедлением; 8 — размыкающий контакт, замыкающийся с замедлением; 9 — размыкающий контакт, размыкающийся с замедлением.

Следуя этой условности, легко понять, что замедление при срабатывании замыкающих контактов показано на рис. 2.31,в, размыкающих — на рис. 2.31,г. Замедление при возврате замыкающих и размыкающих контактов иллюстрируют рис. 2.31,д и е соответственно. Замедление в обоих направлениях, т. е. и при срабатывании и при возврате, показано на рис. 2.31,ж и з соответственно.

Обратите внимание: волнистой линией обведены устаревшие, но еще широко применяющиеся обозначения.

Обозначение последовательности переключений контактов. Обратим внимание читателей на то, что ускорение на контактах никогда не обозначают. Однако если контакты собраны в общий конструктивный узел, например в контактную группу, и она устроена так, что один контакт переключается раньше другого, то это может быть отражено на схеме. Рассмотрим этот вопрос, обратившись к рис. 2.32.

На рис. 2.32,а справа показана контактная группа из трех контактов. При

срабатывании раньше замыкается нижний контакт, затем средний и наконец размыкается верхний. На последовательность переключений указывают черточки, обозначенные для наглядности красным. Так, например, замыкающий контакт 1 замыкается раньше, а контакт 2 позже по отношению к другим контактам в группе. Аналогично размыкающий контакт 3 размыкается раньше, а контакт 4 позже по отношению к другим контактам.

Запомнить эти обозначения трудно, тем более, что они употребляются крайне редко. Но усвоить систему построения обозначений легко. Применительно к замыкающим контактам ее иллюстрирует рис. 2.32,б, к размыкающим — рис. 2.32,в. За основу принято изображение контакта, показанное на рис. 2.32,б в центре. Его "ход", т. е. графическое расстояние, которое необходимо пройти для замыкания цепи, равен l , чему соответствует время t . Опережающий контакт показан левее. Его ход $l_1 < l$, следовательно, время замыкания $t_1 < t$. Справа показан отстающий контакт. Его ход $l_2 > l$, а время $t_2 > t$. Такие же соображения справедливы и для размыкающих контактов — рис. 2.32,в. Левый контакт размыкается при срабатывании раньше, а правый позже среднего. Это явствует из того, что $l_3 < l < l_4$ и, следовательно, $t_3 < t < t_4$.

Обратите внимание на условность. Она состоит в том, что речь идет не о фактическом расстоянии между подвижной и неподвижной частями контакта, а о графическом ходе, т. е. о расстоянии на чертеже. Заметим, кстати, что это далеко не единственная условность в обозначениях. Так, мы говорим, что контакт замыкается (размыкается) с замедлением. Но это же противоречит здравому смыслу, так как если контакт будет переключаться медленно, то он сгорит. На самом деле контакт переключается быстро. Однако его переключение начинается не сразу после



включения (отключения) катушки, а позже, т. е. только после того, как переместится якорь.

Импульсные контакты — по старой терминологии проскальзывающие — обозначают, как показано на рис. 2.33,а—е. Но прежде чем рассматривать эти обозначения, уточним область их применения. Дело в том, что далеко не любой контакт, кратковременно замыкающийся, является импульсным. Так, например, контакт реле пульсары, который при срабатывании замыкается, а при возврате размыкается, — это обычный, а не импульсный контакт. Но контакты программного реле, которые в процессе одного цикла замыкаются и размыкаются, подавая импульсы в заданной последовательности для включения (отключения) управляемых механизмов, — это действительно контакты импульсные.

Рассмотрим типичный пример, обратившись к эскизу, который показан на рис. 2.33 в центре. При включении реле начинает работать его механизм (например, по типу часового), а поводок, перемещаясь в направлении стрелки, замыкает импульсный контакт *А*, который затем, как только на него перестает давить поводок, тотчас же размыкается. В конце хода поводка замыкается обычный контакт *Б*; он будет замкнут до тех пор, пока катушка реле включена. При возвращении поводка в исходное положение, хотя поводок и проходит мимо контакта *А*, он его больше не переключает.

Есть и другие устройства импульсных контактов. Рассмотрим их обозначения.

На рис. 2.33,а показан импульсный контакт, замыкающийся при срабатывании, на рис. 2.33,в — при возврате, на рис. 2.33,д — при срабатывании и возврате.

Импульсные контакты, размыкающиеся при срабатывании, возврате, при срабатывании и возврате показаны на рис. 2.33,б,г и е соответственно. **Обратите внима-**

ние: размыкающие контакты называют импульсными условно, так как они не замыкают цепь (не подают импульс), а кратковременно ее размыкают.

На рис. 2.33,а и б волнистой линией обведены устаревшие обозначения.

Рассмотрим простой прием, с помощью которого можно безошибочно определить, относится обозначение к срабатыванию или к возврату. Для этого достаточно мысленно провести линии — красные на рис. 2.33,ж и з или зеленые — рис. 2.33,и и к. Если эти линии параллельны, то контакт замыкается (рис. 2.33,ж) или размыкается (рис. 2.33,з) при срабатывании. Если же линии пересекаются, то контакт замыкается (рис. 2.33,и) или размыкается (рис. 2.33,к) при возврате.

Другие обозначения, подчеркивающие свойства контактов, если на них нужно заострить внимание, приведены на рис. 2.33,л. Здесь 1—4 — замыкающие, а 5—8 — размыкающие контакты, но 1 и 5 — это контакты без самовозврата; 2 и 6 — с самовозвратом; 3 и 7 — для коммутации силовой цепи; 4 и 8 — дугогасительные контакты.

Предупреждения. 1. Обозначения 1 и 5 предназначены в основном для выключателей с ручным приводом, а не для реле. Пользуются этими обозначениями для изображения контактов только тех реле, которые либо имеют защелку, либо в которых якорь реле удерживается притянутым за счет остаточного магнетизма (реле с самозалипанием), либо в некоторых исполнениях поляризованных реле.

2. Обозначения 2 и 6 для реле не применяют, так как самовозврат реле обычных исполнений сам по себе разумеется. В стандарте указано, что обозначение самовозврата следует использовать *только при необходимости специально подчеркнуть* наличие самовозврата в контактном узле, как правило, не имеющем его.

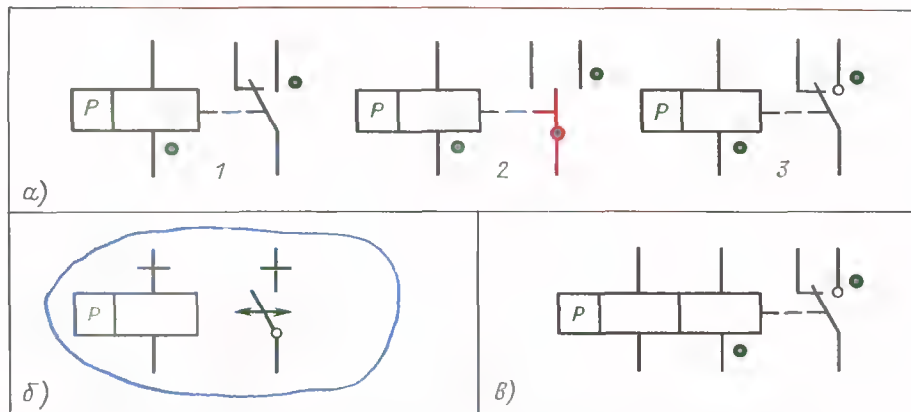


Рис. 2.34. Поляризованные реле. К упражнению 2.13

3. У некоторых реле одни контакты имеют, например, номинальный ток 20 А, а другие 4 А. Контакты на 20 А используют для коммутации силовых цепей относительно небольшой мощности, а контакты на 4 А - в цепях управления и сигнализации.

Чтобы на схеме различить контакты, можно для контактов на 20 А использовать обозначения 3 и 7.

4. Дугогасительных контактов 4 и 8 у реле не бывает. Однако для защиты контактов от повреждений искрой используют "внешние средства", например параллельно контакту присоединяют контур из конденсатора и резистора (см. рис. 2.33, л, поз. 9). Иногда возникает вопрос: не следует ли контакт, защищенный контуром, обозначить по 4 и 8? Не следует: эти обозначения для реле не предназначены.

на рис. 2.34, б? 6. Для чего на рис. 2.34, в служит вторая обмотка реле и какая из обмоток - левая или правая - на схеме является рабочей?



Ответы

1. В дополнительное поле изображения катушки вписана буква Р.

2. Точкой отмечен вывод катушки, на которую должен быть подан "+", чтобы замкнулся контакт, также отмеченный точкой.

3. 1 - реле с самовозвратом на одно направление тока в обмотке; 2 - реле с нейтральным положением на оба направления тока в обмотке; 3 - реле без самовозврата (иногда говорят с преобладанием) на одно направление тока в обмотке.

4. На нейтральное положение указывают расположение изображения подвижного контакта между неподвижными, а также красная точка.

5. На рис. 2.34, б показано отмененное обозначение поляризованного реле без самовозврата. Черточки, пересекающие изображение проводов, аналогичны по смыслу точкам в современных изображениях.

6. Одна обмотка - правая на рис. 2.34, в - рабочая, о чем можно судить по точке, которая помещена вблизи изображения обмотки. Другая обмотка - левая - служит для возврата контакта в исходное положение. Направление тока в ней противоположно направлению тока в рабочей обмотке.

Упражнение 2.13

На рис. 2.34 изображены поляризованные реле. Ответить на вопросы. 1. Откуда известно, что это реле поляризованные? 2. На что указывает зеленая точка? 3. Чем различаются на рис. 2.34, а реле 1, 2 и 3? 4. Откуда известно, что реле 2 имеет нейтральное положение? 5. Что показано

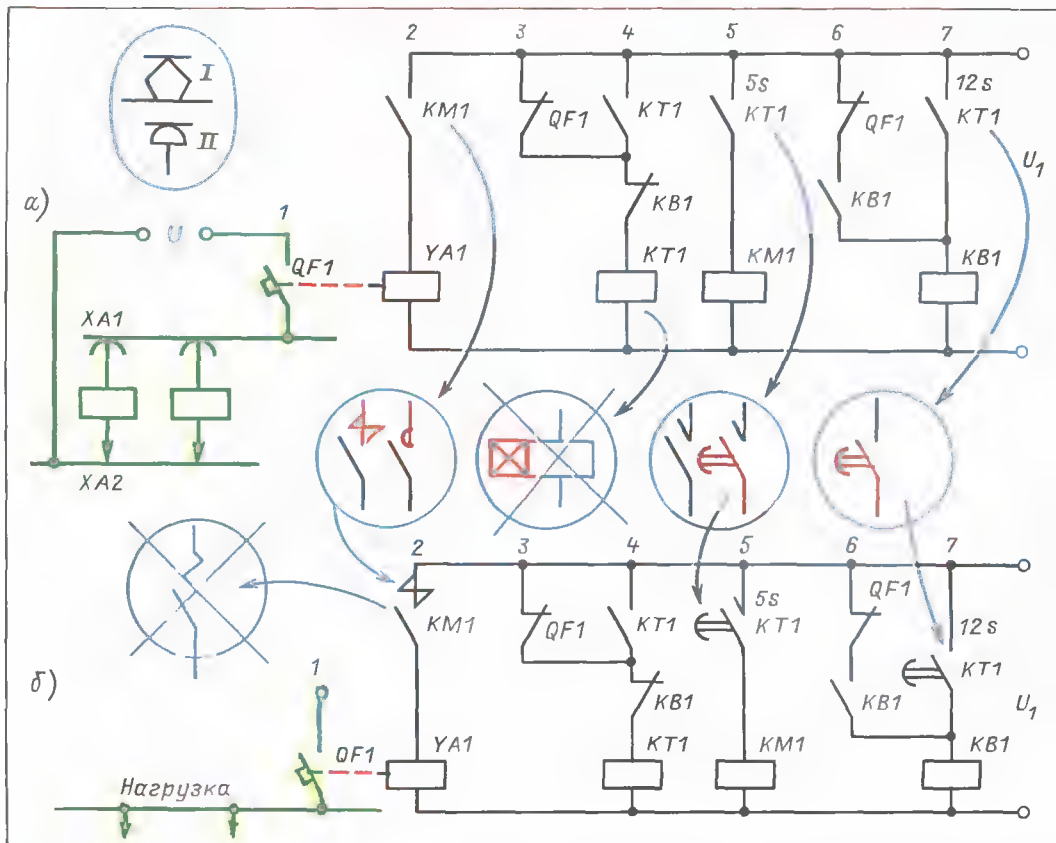


Рис. 2.35. Примеры изображений электромагнитных реле. К упражнению 2.14

Упражнение 2.14

Рисунок 2.35 иллюстрирует применение условных обозначений на примере одной из схем автоматического повторного включения (АПВ) выключателя автоматического $QF1$, через который получает питание контактная сеть. Ее схема выделена зеленым. На схеме контактной сети: U — источник питания; $XA1$ — общее обозначение троллейного токосъемника; $XA2$ — скользящий контакт, т. е. соединение с ходовыми рельсами. Сверху овальной линией обведены другие употребительные обозначения: I — управляемый

пантограф; II — токосъемник с третьего рельса, как в метрополитенах.

Схема управления выполнена в двух вариантах: на рис. 2.35, а использованы только общие обозначения, что вполне допустимо, но недостаточно наглядно. Под схемой в кружках показано, как то же самое можно изобразить конкретнее. И, наконец, на рис. 2.35, б эта же схема конкретизирована, исходя из того, что:

$YA1$ — это включающий, сравнительно мощный электромагнит выключателя автоматического $QF1$, контакты которого введены; главный — в цепь I , а вспомогательные — в цепи 3 и 6 ;

$KM1$ — промежуточный контактор включения; его контакт входит в цепь 2 ;

$KT1$ — реле времени с часовым механизмом и двумя контактами: импульсным замыкающим в цепи 5 и обычным в цепи 7 . Импульсный контакт замыкается через 5 с, а обычный — через 12 с после включения катушки реле;

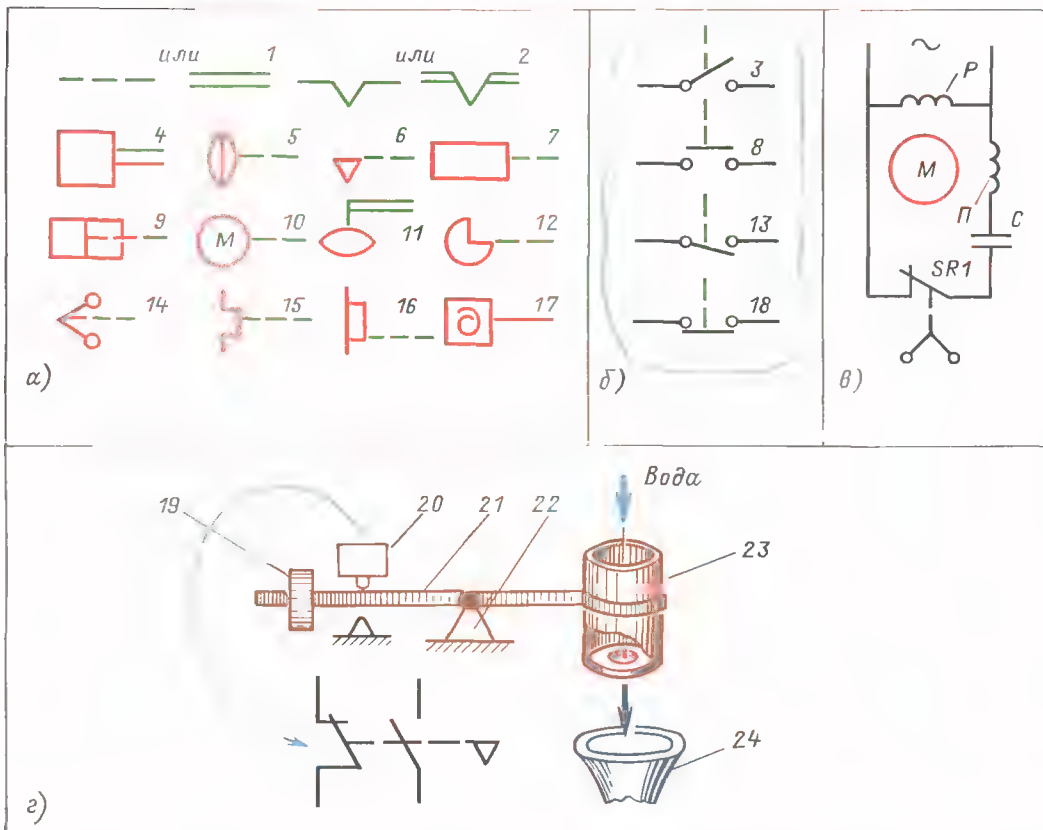


Рис. 2.36. Неэлектрические реле. Система построения обозначений и примеры их применения

KBI — реле блокировки с двумя контактами: размыкающим в цепи 4 и замыкающим в цепи 6.

Цель этого упражнения состоит только в иллюстрации применения условных обозначений. Действие схемы рассмотрено ниже в гл. 9 (см. пример 9.17). Читателям рекомендуется ответить на вопросы. 1. Какое из обозначений, помещенных в кружке под цепью 2, уместно применить для изображения контакта **KMI**? 2. Почему обозначение катушки, помещенное в кружке под цепью 4, перечеркнуто? 3. Какое из обозначений импульсного контакта в цепи 5 более уместно: без указания задержки или с задержкой? Правильно ли расположено направление задержки? 4. Почему обозначения замыкающих контактов одного и того же реле времени **KTI** в цепях 5 и 7 различны? 5. Через сколько времени замыкается импульсный контакт **KTI** после включения **KTI** и через сколько времени замыкается его контакт в цепи 7? 6. Почему на рис. 2.35,б перечеркнуто

изображение контакта **KMI** (в кружке) и как исторически оно сложилось?



Ответы

1. Любое обозначение уместно. Но так как **KMI** — это контактор и, следовательно, его контакт, коммутирующий цепь электромагнита, безусловно имеет дугогашение, предпочтительнее обозначение дугогасительного контакта. Оно и принято на рис. 2.35,б.

2. Выдержка времени создается не на катушке, а механическим путем с помощью часового меха-

гидравлический; 10 — электромашинный; 11 — поплавковый; 12 — кулачковый; 14 — центробежный; 15 — с помощью биметалла; 16 — привод линейкой (рейкой); 17 — привод механической пружиной.

Рассмотрим два примера.

1. На рис. 2.36,в показана схема управления двигателем *M* стиральной машины. При включении двигателя (выключатель на рисунке не показан) работают обе его обмотки: рабочая *P* и пусковая *П*, последовательно с которой включен конденсатор *C*. При достижении номинальной частоты вращения (скорости) срабатывает центробежное реле *SR1* и отключает пусковую обмотку. Нетрудно видеть, что центробежное реле изображено как контакт, к которому графически присоединен центробежный привод (поз. 14 на рис. 2.36,а). Центробежное реле в данном случае имеет размыкающий контакт, так как в исходном положении (т. е. перед пуском машины) пусковая обмотка должна быть включена.

2. На рис. 2.36,г показано устройство простейшего струйного реле, т. е. такого реле, назначение которого контролировать достаточность протока воды, проходящей через охлаждающую рубашку какого-либо аппарата. Подчеркиваем: нужно контролировать проток — струю, а не просто наличие воды.

Реле работает следующим образом. Вода поступает в сосуд 23, в дне которого имеется отверстие и сливается через него в воронку 24. Сосуд укреплен на рычаге 21, который может поворачиваться в шарнире 22. Слева на рычаг навинчен груз 19. При достаточном протоке сосуд заполнен (излишек воды сливается в воронку через края сосуда). Вес воды пересиливает груз, поэтому рычаг, наклоненный в сторону сосуда, давит на поводок контактного узла 20. Если же проток прекращается или становится слишком мал, то вода успевает вытекать через отверстие в дне сосуда и он опорожняется. В этом случае пересиливает

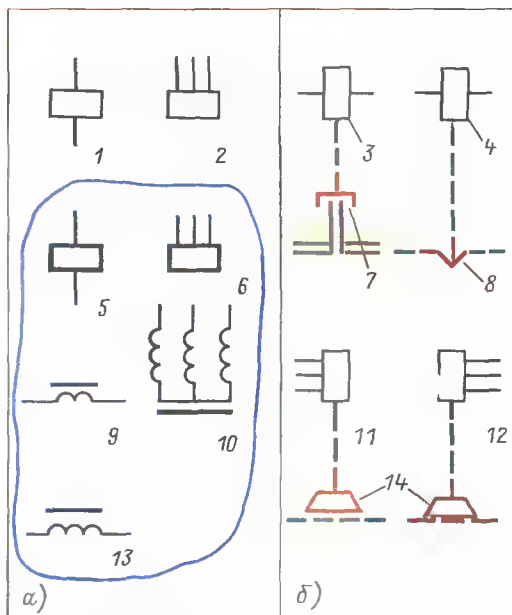


Рис. 2.38. Электромагниты, муфты, тормоза

груз и рычаг, поворачиваясь в его сторону, перестает давить на поводок контактного узла: контакты переключаются.

Внизу показано схематическое обозначение струйного реле с двумя контактами: размыкающим и замыкающим. О том, что это реле струйное, можно судить по обозначению привода (поз. 6 на рис. 2.36,а).

С обозначениями наиболее распространенных электротеплового и поплавкового реле познакомимся, выполнив упражнения 2.15.



Упражнение 2.15

На рис. 2.37 с некоторыми упрощениями приведена схема автоматического регулирования уровня воды в резервуаре 8. На нем установлено реле уровня с поплавком 10, который подвешен на тросике 11, перекинутом через блок 9. К другому концу тросика прикреплен противовес 13. На тросике установлены обоймы, обозначенные зелеными квадратиками. Когда уровень воды

повышается и поплавков, поднимаясь, достигает заданного уровня, левая обойма, надавливая на рычаг 6, поворачивает его. В результате размыкается ртутный контакт 12 и отключает двигатель *M* насоса (насос на схеме не показан).

По мере водоразбора поплавков опускается, а правая обойма поднимается. Когда уровень понизится до заданного значения, правая обойма надавит на рычажок, в результате чего контакт замкнется и включит магнитный пускатель 1 двигателя *M*.

Двигатель от перегрузки защищает электротепловое реле.

Ответить на вопросы. 1. Откуда известно, что в схеме слева показан контакт, переключаемый с помощью биметалла, а справа — контакт поплавкового реле? 2. Что на схеме обозначает поз. 7? 3. Как построено обозначение контакта электротеплового реле? 4. Почему реле называется электротепловым, а не просто тепловым как раньше? 5. В каких случаях употребляются обозначения, помещенные на рис. 2.37 в левом верхнем углу?



Ответы

1. Левый контакт имеет привод с помощью биметалла, а правый — поплавковый привод (см. на рис. 2.36,а поз. 15 и 11 соответственно).

2. Позицией 7 обозначена воспринимающая часть (биметаллические пластины с рычагами и другими деталями) электротеплового реле, которое служит для защиты электродвигателя от перегрузки.

3. Нагреватель 5 нагревает биметаллический элемент 4 (точнее, два нагревателя, включенные в две фазы, так как реле двухфазное), который, изгибаясь, размыкает контакт 3. При этом сокращается задержка 2. Чтобы подготовить реле к следующему действию, нужно нажать кнопку 14, чтобы освободить защелку (см. на рис. 2.36,а поз. 2).

4. Слово "электротепловое" подчеркивает, что биметаллическая пластина в данном случае нагревается током, а не каким-либо другим источником теплоты.

5. Обозначение на схеме громоздко. Оно употребляется редко, тем более, что тип реле указывается на схеме в перечне элементов. А из обозначения типа совершенно ясно, что реле двухфазное, имеет защелку и кнопочный возврат. Поэтому часто ограничиваются более простым обозначением *I* и даже еще более простым *II*.

В обозначении *II* штриховая линия подчеркивает связь с каким-либо приводом, не более. В частности, это может быть привод электрический, например электромагнитный или с помощью двигателя, и вообще какой угодно.

Вспомогательные контакты электрических аппаратов

Вспомогательные контакты (по старой терминологии блок-контакты) масляных и воздушных выключателей, контакторов, разъединителей, короткозамыкателей и отделителей играют очень важную роль. Они входят в цепи управления, сигнализации, автоматики и блокировки.

Вспомогательные контакты обозначают так же, как контакты электрических реле (см. рис. 2.30), подчеркивая в необходимых случаях эксплуатационные свойства контактов, например замедление, очередность переключений и т. п.

Электромагниты, муфты, тормоза

На рис. 2.38,а приведены общие обозначения электромагнитов постоянного или переменного однофазного тока *I* и трехфазного тока 2. Выводы допускается изображать с одной — широкой — стороны прямоугольника.

Волнистой линией обведены старые, отмененные, обозначения 5 и 6. Они от *I* и 2 отличаются толщиной линий: раньше электромагниты выделялись на схемах более толстыми линиями. Кроме того, были специальные обозначения для электромагнитов последовательного 9 и параллельного 13 включения. Электромагнит трехфазного тока изображали как три обмотки, соединенные в звезду 10 (треугольник). В обозначениях 9, 10, 13 жирная черта — магнитопровод.

Если нужно изобразить электромагнит с двумя обмотками, со встречными обмотками и т. п., то поступают так, как показано на рис. 2.28.

На рис. 2.38,б показана муфта 7 в положении "включено". Муфта включается с помощью электромагнита 3.

Фиксирующий механизм 8 возвращается (освобождается) при включении электромагнита 4. Здесь приведено только общее обозначение фиксирующего механизма, т. е. без детализации положения фиксации, без указания направления, в котором движение ограничивается, и т. п.

Тормоз 14, управляемый электромагнитом трехфазного тока, показан в отпущенном состоянии 11 и в состоянии торможения 12.

2.7. Выключатели, переключатели, предохранители, разрядники

Выключатели

На рис. 2.39,а показаны:

1 — общее обозначение выключателя, т. е. такое обозначение, которое можно применять в любом случае;

2 и 3 — обозначения, в которых подчеркнуто отсутствие самовозврата, на что указывает красный кружок. Отсутствие самовозврата характерно для выключателей с ручным приводом: рубильников, выключателей в осветительных сетях и т. п.;

4 — выключатель-предохранитель;

5 — выключатель с автоматическим возвратом. Такие выключатели часто называют автоматическими или, иначе, автоматами. Если нужно указать, при изменении какой величины происходит возврат (срабатывание) автоматического выключателя, то графическое обозначение дополняют знаками: $I >$ — выключатель максимального тока, $I <$ — минимального тока, $I \leftarrow$ — обратного тока, $U >$ — максимального напряжения, $U <$ — минимального напряжения, $T^0 >$ — максимальной температуры. В качестве примера на рис. 2.39,а, поз. 6 показан двухполюсный выключатель автоматический максимального тока.

Обратите внимание: несколько лет тому назад прямоугольник, указывающий на автоматическое срабатывание, зачерняли, а еще раньше вместо прямоугольника рисовали стрелку. Но стрелка указывает на направление, благодаря чему в настоящее время используют в обозначениях аппаратов направленного действия, а именно короткозамыкателей и отделителей (см. рис. 2.56).

На рис. 2.39,б показаны кнопочные выключатели. Раньше их называли просто кнопками. Здесь: 7–9 — выключатели с замыкающими, а 13–15 — с размыкающими контактами, причем 7 и 13 — нажимные, 8 и 14 — вытяжные, а 9 и 15 — поворотные.

Предполагается, что кнопочные выключатели имеют самовозврат. Если же нужно в каком-либо конкретном случае подчеркнуть отсутствие самовозврата, то пользуются обозначениями, которые приведены на рис. 2.39,в. Здесь: 10 — выключатель, замыкающий контакт которого замыкается при нажатии кнопки. Но способ размыкания контакта определяется конструкцией выключателя. В одних случаях кнопку приходится потянуть "на себя", в других (как в клавишных выключателях для осветительных сетей) клавиша может поворачиваться. Если нажать на ее верхний конец, то контакт замкнется; если же нажать на нижний — разомкнется.

Выключатель 11 имеет фиксирующий механизм (как явствует из обозначения — см. на рис. 2.36,а поз. 2), благодаря которому после нажатия кнопки контакт остается замкнутым. Для возврата нужно еще раз нажать ту же кнопку. Так обычно устроены выключатели, встраиваемые в основания настольных ламп.

Выключатель 12 имеет фиксирующий механизм, например защелку. Чтобы ее освободить, надо нажать на другую кнопку. Систему построения обозначений кнопочных выключателей рассмотрим, выпол-

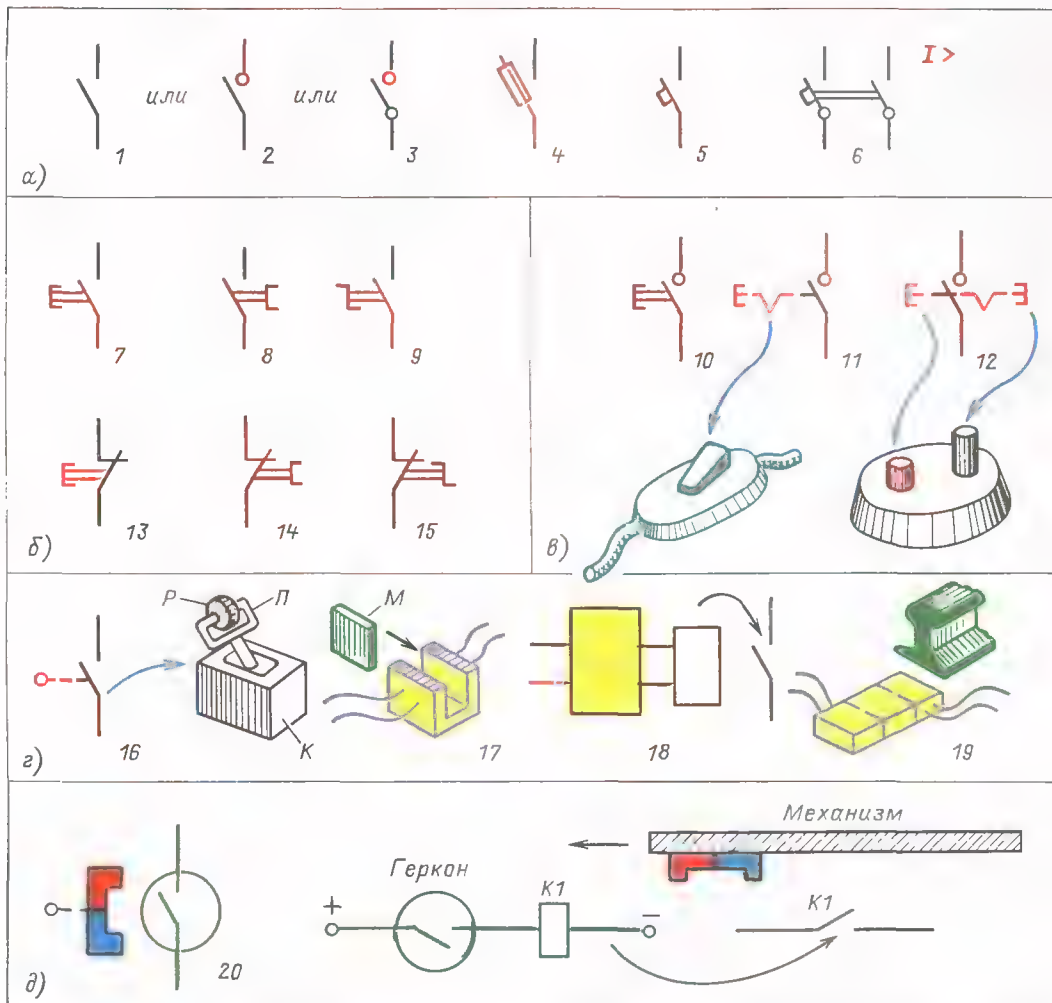


Рис. 2.39. Выключатели

нив упражнение 2.16, которое приведено ниже.

Конечные и путевые выключатели играют в технике большую роль. **Конечные** выключатели фиксируют предельное положение какого-либо механизма, например тележки мостового крана, лифта, деталей металлорежущего станка и т. п. **Путевые** выключатели срабатывают при

прохождении контролируемым механизмом промежуточной позиции. Типичный пример — этажные выключатели лифтов.

До сравнительно недавнего времени применяли только механические выключатели, общее обозначение которых 16 показано на 2.39,г. Действуют они следующим образом (пример): контролируемый механизм, подходя к конечному выключателю, давит на его ролик *P* и поворачи-

вает таким образом связанный с ним поводок *П*, который переключает контакты, находящиеся в коробке *К*. Есть и другие, весьма разнообразные, исполнения механических выключателей, например с толкателями.

Достоинства механических выключателей – в простоте конструкции, надежности и, главное, в том, что положение контакта (замкнут, разомкнут) не зависит от наличия напряжения на схеме, а это очень важно. Но у механических выключателей есть большой недостаток. Он состоит в том, что под воздействием движущихся частей механизма, с которыми соприкасается ролик (толкатель), возможны нарушения регулировки и даже поломки.

От этого недостатка свободны выключатели бесконтактные, т.е. такие, которые не соприкасаются (не имеют механического контакта) с механизмом. Бесконтактные выключатели получили большое распространение. Их обозначения на схемах определяют принцип действия, и обозначение 16 для них неприменимо.

Рассмотрим три примера, не вдаваясь в подробности конструкций, имея в виду только обозначения. Подчеркнем также некоторые неблагоприятные особенности бесконтактных выключателей.

1. На рис. 2.39,г (поз. 17) показан П-образный корпус выключателя, внутри которого находится электронная схема. При введении в зазор металлической пластинки *М* (которая прикреплена к контролируемому механизму) режим электронной схемы резко изменяется. В результате срабатывает выходное реле и производит необходимые переключения.

Выключатели такого рода надо обозначать по 18 (рис. 2.39,г), где желтый прямоугольник – это электронная схема, а прямоугольник справа – выходное реле, рядом с которым показан его контакт. Провода, подведенные к изображению электронной схемы слева, – это электропитание. Вместо

выходного реле может быть включен логический элемент (см. § 2.12).

2. Конструктивное исполнение 17 далеко не всегда приемлемо. Так, например, П-образные выключатели нельзя применить для контроля движения рельсов на рольгангах. В этом случае необходима конструкция 19, при которой плоский выключатель расположен под рельсом. Ясно, что никаких пластинок к рельсу приделывать не надо (да это и невозможно), так как рельс сам воздействует на выключатель. Не следует, однако, думать, что у бесконтактных выключателей такого рода нет неблагоприятных особенностей. Они состоят в следующем

а) пульсации выпрямленного напряжения, питающего схему, должны быть сглажены;

б) нагрузка (сопротивление катушки реле или входа логического элемента) не может отличаться от значений, указанных в паспорте;

в) параллельно катушке реле необходимо включить диод, направленный таким образом, чтобы предотвратить проникновение в схему напряжения, индуктирующегося в катушке реле при закрытии выходного транзистора электронной схемы;

г) правильность работы бесконтактного выключателя зависит от наличия питания. А отсюда следует, что с позиций техники безопасности механические переключатели лучше бесконтактных. Более того, даже П-образные и плоские выключатели неравноценны, хотя их схемы совершенно одинаковы.

Это обстоятельство объясняется следующим образом. Плоский выключатель может срабатывать только при одном условии и, а именно когда над ним (под ним или рядом с ним) находится предмет (например, рельс), положение которого контролируется. Но если питание выключателя нарушено, то это может быть воспринято как отсутствие контролируемого предмета, что опасно.

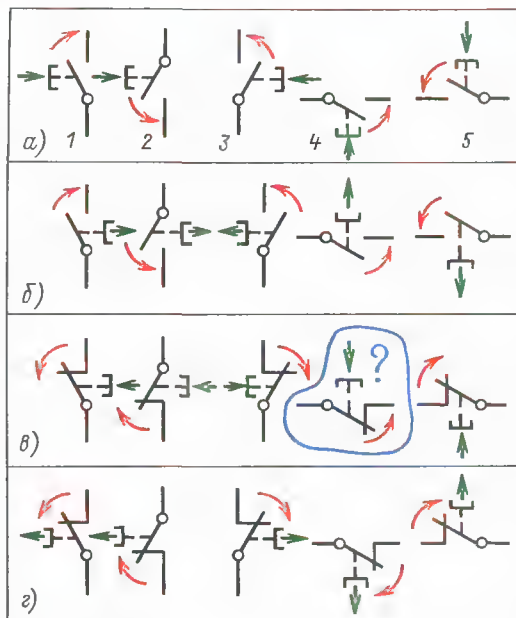


Рис. 2.40. Система обозначений выключателей кнопочных. К упражнению 2.16

У П-образного выключателя управляющая металлическая пластина имеет поводок. В зависимости от его конструкции пластина при наличии предмета может либо входить в зазор выключателя, либо быть вне зазора. Если пластина входит в зазор, то "электрические свойства" плоского и П-образного выключателей одинаковы. Если же пластина при наличии предмета находится вне зазора — свойства выключателей различны. Следовательно, нельзя механически, т. е. не взвесив возможных последствий, заменять плоский выключатель П-образным, и наоборот.

3. На рис. 2.39, д дано изображение путевого выключателя, в котором использован магнитоуправляемый контакт — геркон. Контакт заключен в баллон. Подвижная часть контакта выполнена из ферромагнитного материала. Поэтому контакт

переключается под воздействием постоянного магнита (или электромагнита), когда он приближается к геркону.

В нашем примере к механизму прикреплен постоянный магнит. Когда механизм, перемещаясь, достигает нужной позиции, а именно той, в которой установлен геркон, его контакт срабатывает и включает промежуточное реле *K1*. Контакты реле *K1* производят необходимые переключения.

Для герконов в стандарте нет специального обозначения. Но его можно легко построить. Для этого нужно стандартное обозначение контакта заключить в кружок — стандартное обозначение баллона, а рядом показать стандартное обозначение магнита. А так как магнит механически связан с контролируемым механизмом, то это полезно подчеркнуть с помощью кружка, характеризующего обозначения путевого выключателя. Именно так и сделано на рис. 2.39, д, поз. 20.

Возвратимся к кнопочным выключателям. При их изображениях легко ошибиться, если не руководствоваться системой, которую легко понять, выполнив упражнение 2.16.



Упражнение 2.16

На рис. 2.40 кроме собственно обозначений показаны для облегчения пояснений зеленые и красные стрелки. Зелеными стрелками изображают направления воздействия на кнопку, красные стрелки показывают, что при этом происходит: замыкается контакт (рис. 2.40, а и б) или размыкается (рис. 2.40, в и г). Так, например, в поз. 1 и 2 на кнопку "давят" слева направо, в поз. 3 — справа налево, в поз. 4 — снизу вверх, в поз. 5 — сверху вниз. Ясно, что "давят графически", а в натуре, как бы ни была расположена кнопка, на нее либо нажимают (рис. 2.40, а и в), либо ее вытягивают (рис. 2.40, б и г).

Ответить на вопросы. 1. Какие кнопочные выключатели изображены на рис. 2.40? 2. Почему не показаны поворотные выключатели? 3. Какая ошибка допущена в изображении, которое обведено волнистой линией? 4. Какой общий вывод следует из рис. 2.40?



Ответы

1. На рис. 2.40 показаны: кнопочные выключатели с замыкающим контактом нажимные (рис. 2.40,а) и вытяжные (рис. 2.40,б); с размыкающим контактом нажимные (рис. 2.40,в) и вытяжные (рис. 2.40,г).

2. Ошибиться при изображении поворотных выключателей нельзя, так как при любом расположении кнопки на чертеже изображение верно.

3. Обозначение верно (когда кнопку нажимают, размыкающий контакт размыкается), но направление красной стрелки показано ошибочно.

4. Нужно располагать изображение кнопки с такой стороны контакта, чтобы при воздействии на кнопку замыкающий контакт замыкался, а размыкающий — размыкался.

Переключатели

Стандарт устанавливает несколько обозначений переключателей, что дает возможность в каждом конкретном случае использовать то из них, которое наиболее наглядно.

Так, на рис. 2.41,а справа показан многопозиционный переключатель в фрагменте схемы измерения температуры в нескольких точках. Термометры сопротивления $RK1-RK5$ можно поочередно присоединять к измерительному прибору (не показан). В центре рисунка приведено примерное исполнение переключателя, а слева — его обозначение, еще употребительное, но в настоящее время отмененное.

На рис. 2.41,б показан двухполюсный многопозиционный переключатель. У него две щетки — $Щ1$ и $Щ2$; они механически связаны, но электрически изолированы.

Одна щетка переключает контакты $I-3$, другая — контакты $I'-3'$. Слева показано отмененное обозначение.

На рис. 2.41,в римскими цифрами обозначены: I — контакт, который в данной схеме не используется; штрих, его изображающий, короче штриха II ; III — изображение контактов, коммутирующих одну и ту же цепь в смежных позициях.

Если нужно показать безобрывное переключение, т. е. такое, при котором раньше замыкается следующий контакт, например второй, а затем размыкается предыдущий (в данном случае первый), то применяют обозначение по рис. 2.41,г.

В ряде случаев конструкция переключателя обеспечивает определенную последовательность переключений. Чтобы ее отразить на схеме, пользуются приемом, который иллюстрирует рис. 2.41,д. На нем показано схематическое изображение привода четырехпозиционного переключателя, который обеспечивает переход от позиции I к позиции 4 и обратно. На это указывает красная дужка с двумя стрелками, направленными в разные стороны.

Рассмотрим пример. На рис. 2.41,е показан переключатель на пять независимых цепей, т. е. таких цепей, у которых нет общей точки (ср. с рис. 2.41,а, где к общей точке, образованной с помощью щетки присоединяется один и тот же прибор). Щетка на рис. 2.41,е с помощью линии механической связи (штриховая линия) графически присоединена к приводу. Привод обеспечивает переход от позиции I к позиции 5 и далее к позиции 1 , на что указывает красная окружность со стрелкой. Обратное движение возможно только от позиции 3 к позиции 1 (см. зеленую стрелку).

Переключатели со сложной коммутацией изображают одним из следующих трех способов.

Первый способ иллюстрирует рис. 2.42,а, где вместо схемы дана таблица

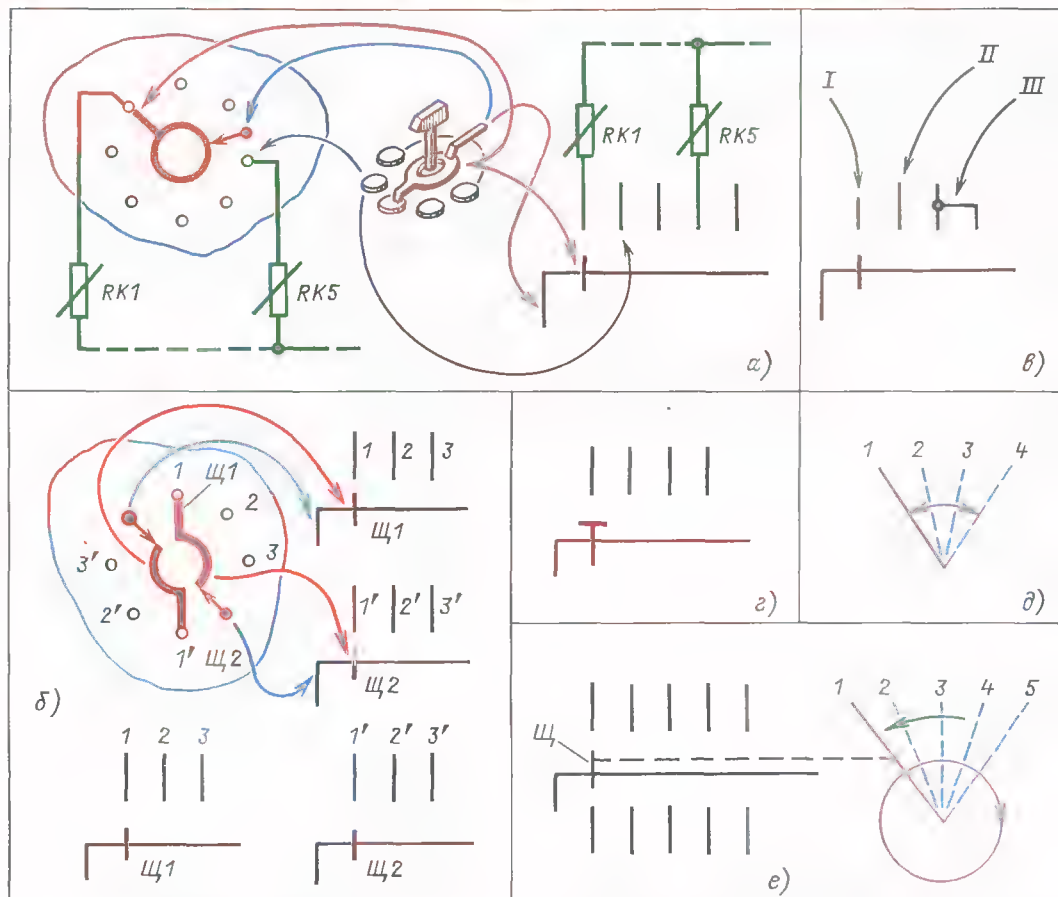


Рис. 2.41. Переключатели

Из нее явствует, что в позиции 1 соединены провода а и б; в позиции 2 — провода б, в и г; в позиции 3 провод а соединен с проводом б, а провод в с проводом г. В промежуточной позиции 3-4 соединяются провода б и в. В позиции 4 — провода а и г. Благодаря наличию промежуточной позиции 3-4 обеспечивается безобрывное переключение.

Второй способ изображения того же переключателя в виде схемы приведен на рис. 2.42,б. Здесь жирные точки указы-

вают на соединение. Например, в позиции 2 соединены провода б, в и г, а в позиции 4 — а и г.

По такому же принципу образовано обозначение вставки-переключателя с разъемными контактами (рис. 2.42,в). Здесь: ХS — гнезда, ХР — штыри, а две параллельные линии указывают на механическую связь.

Третий способ изображения переключателей со сложной коммутацией, наиболее распространенный в схемах энергетических установок, показан на рис. 2.43. Коммутируемые цепи, обозначенные условно буквами а-г, могут быть расположены

либо горизонтально, как на рис. 2.43,а слева, либо вертикально (рис. 2.43,а в центре). Позиции переключателя, условно обозначенные цифрами 1–3, изображают штриховыми линиями, так как по смыслу это линии механической связи. Жирная точка (зеленая) на штриховой линии показывает, что в данной позиции контакт переключателя замкнут.

Схему переключателя обычно дополняют таблицей (рис. 2.43,а, справа). В таблице замкнутое положение обозначено крестом. Сравнивая таблицу со схемой, видим, что на них изображено одно и то же, а именно: контакт в цепи *a* замкнут только в позиции 1; контакт в цепи *b* — только в позиции 3; контакты в цепях *в* и *г* — только в позиции 2.

Как видно из рис. 2.43,а, проводники *a–г* вблизи изображения переключателя имеют графические разрывы, хотя фактически провода к переключателю присоединены и разрывы осуществляются только на его контактах, но в схемах у мест графических разрывов нередко рисуют жирные точки (в книге — красные) и обозначают их цифрами (буквами, сочетанием букв и цифр). Чтобы понять, что именно обозначают эти точки и надписи вблизи них, обратимся к рис. 2.43,в. На нем сверху показан фасад переключателя, рукоятка которого может занимать позиции -45° , 0 и $+45^\circ$. Снизу приведено "монтажное изображение", из которого ясно, что коммутирующие контакты в цепи лампы *H1* присоединены между контактами (выводами) для присоединения проводов 1 и 2; контакты в цепи лампы *H2* — между выводами 3 и 4; контакты в цепи лампы *H3* — между выводами 5 и 6. Теперь нетрудно понять, что красные точки на рис. 2.43,б — это обозначения контактов, к которым присоединяют провода.

Запомним полученные сведения и расширим их, выполнив четыре упражнения 2.17–2.20.

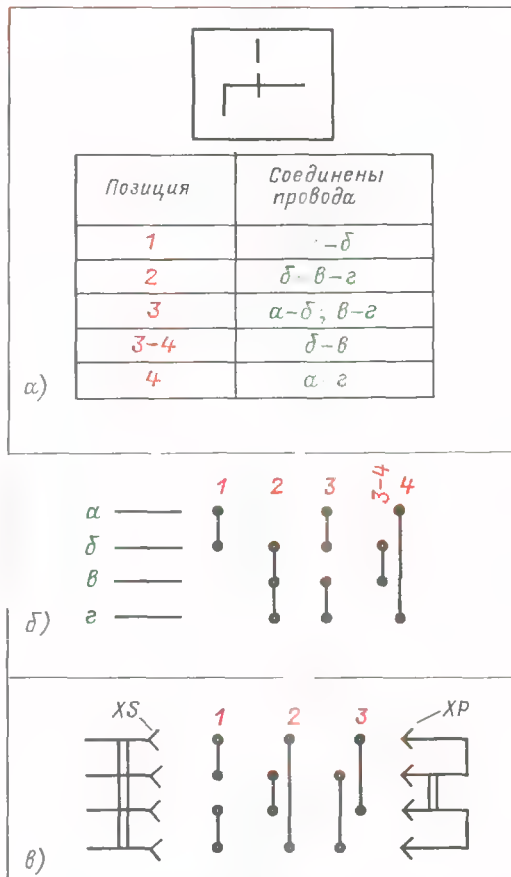


Рис. 2.42. Переключатели со сложной коммутацией. Изображения по первому и второму способам. Вставка-переключатель

Упражнение 2.17

Обратившись к рис. 2.43, ответить на вопросы. 1. Что в таблице на рис. 2.43,г обозначают буквы *Л* и *П*? 2. На рис. 2.43,в допущена неточность: в чем она состоит и как ее избежать? 3. На рис. 2.43,а имеются цифры 1, 2 и 3. Эти же цифры есть на рис. 2.43,б–г. Одинаковы ли их смысл? 4. Соответствует ли таблица на рис. 2.43,г схеме и вообще нужна ли в данном случае таблица или же без нее ясно действие схемы?

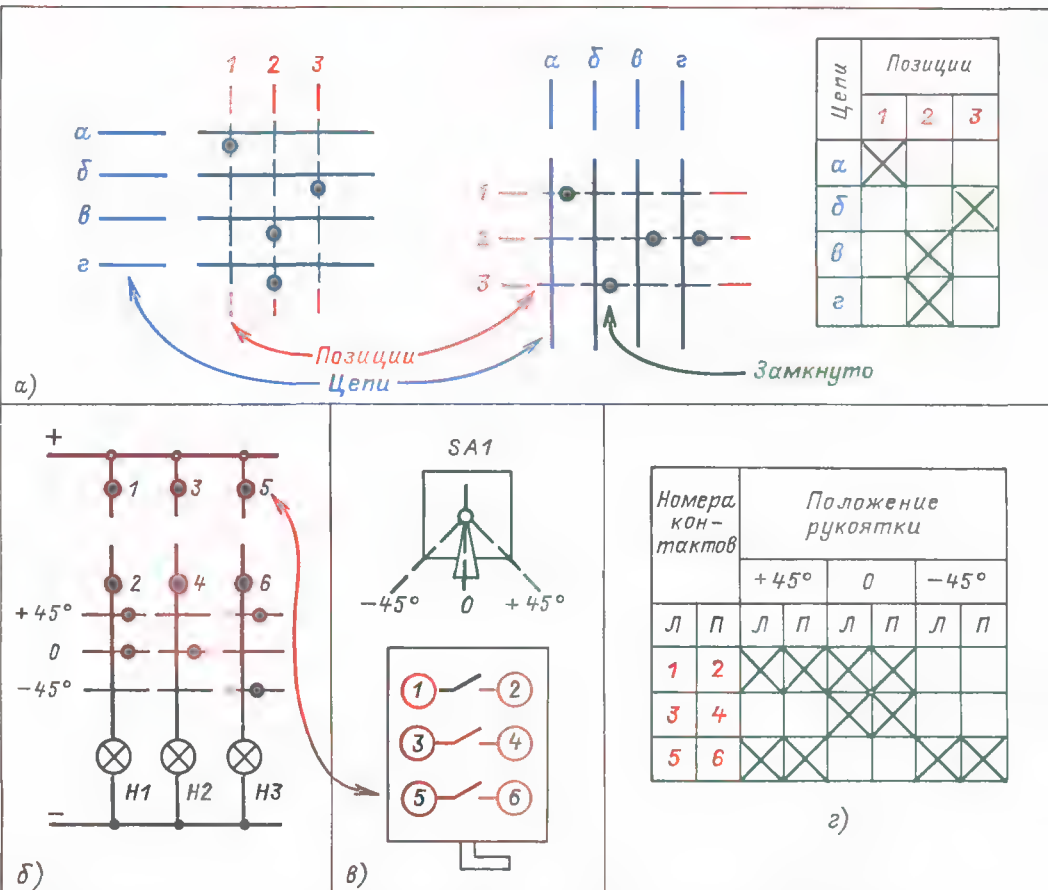


Рис. 2.43. Переключатели со сложной коммутацией. Изображение по третьему способу. К упражнению 2.17

показывают, замкнут или разомкнут в ней коммутирующий контакт. Значительно правильнее между выводами вообще ничего не изображать. Но если нужно знать, что к ним присоединено, и это неясно из схемы, пользуются таблицей переключений.

3. На рис. 2.43,а цифрами 1, 2 и 3 обозначены позиции переключателя. На рис. 2.43,б—г эти же цифры имеют иной смысл: это порядковые номера контактов (выводов).

4. Схема таблицы соответствует. В данном случае таблица не нужна, так как все ясно из схемы. Но без таблицы нельзя было бы ее составить.

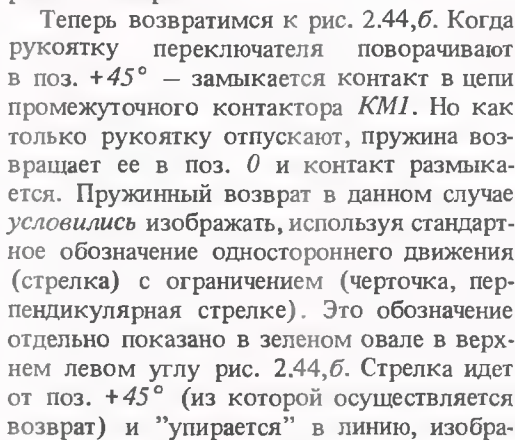
На рис. 2.44 в двух вариантах показана одна и та же схема управления выключателем QI с помощью переключателя SA1



Ответы

1. Буква Л — левый контакт (вывод), буква П — правый.

2. Неточность состоит в том, что между выводами 1-2, 3-4, 5-6 изображены размыкающие контакты, хотя к переключателям со сложной коммутацией понятия "замыкающий" и "размыкающий" неприменимы. Однако заводы-изготовители в своей информации иногда, приняв какую-то позицию переключателя за исходную,



жающую позицию, в которую рукоятка возвращается.

Когда рукоятку поворачивают в поз. -45° — замыкается цепь отключающего электромагнита $YA1$. При отпускиании рукоятки пружина ее возвращает в поз. 0 .

Для изображения переключателя на рис. 2.44, в принята *другое условие*, а именно: предполагается пружинный возврат из поз. $+45^\circ$ и -45° в поз. 0 и, следовательно, подчеркивать его, как сделано на рис. 2.45, б, не нужно. А чтобы подчеркнуть фиксацию в поз. 0 , к ней "присоединено" обозначение фиксирующего механизма в положении фиксации. Оно отдельно, в зеленом овале, показано в верхнем левом углу рис. 2.44, в.



Упражнение 2.18

Обратившись к рис. 2.44, ответить на вопросы. 1. Что изображено на рис. 2.44, а? 2. Можно ли по таблице переключений узнать, имеет ли переключатель самовозврат и каков он? 3. Откуда заимствованы цифры 1–4 у красных точек на схемах? Что они обозначают? 4. Как работает схема? 5. Зачем в цепи $KM1$ и $YA1$ введены вспомогательные контакты $Q1$ привода выключателя?



Ответы

1. На рис. 2.44, а сверху слева показана главная цепь, в которую введен выключатель $Q1$. Правее — фасад переключателя $SA1$ с указанием позиций рукоятки и назначением каждой из них: включить, нуль, отключить. Снизу — таблица переключений контактов $SA1$.

2. Можно. На самовозврат указывают стрелки. Одна из них направлена от поз. $+45^\circ$ к поз. 0 ; другая — от поз. -45° к поз. 0 .

3. Цифры заимствованы из таблицы переключений. Это номера контактов (выводы) для присоединения проводов.

4. В поз. $+45^\circ$ образуется цепь промежуточного контактора $KM1$, который, срабатывая, включает выключающий электромагнит привода

(не показан). Цепь $KM1$ подготовлена, так как до тех пор, пока выключатель отключен, вспомогательный контакт $Q1$ в цепи $KM1$ замкнут. В поз. -45° образуется цепь отключающего электромагнита $YA1$. Его цепь подготовлена, так как до тех пор, пока выключатель включен, его вспомогательный контакт $Q1$ в цепи $YA1$ замкнут.

5. Вспомогательные контакты немедленно отключают $KM1$ ($YA1$), как только завершается включение (отключение), предохраняя тем самым электромагниты привода, предназначенные для кратковременного включения, от повреждения длительным током.

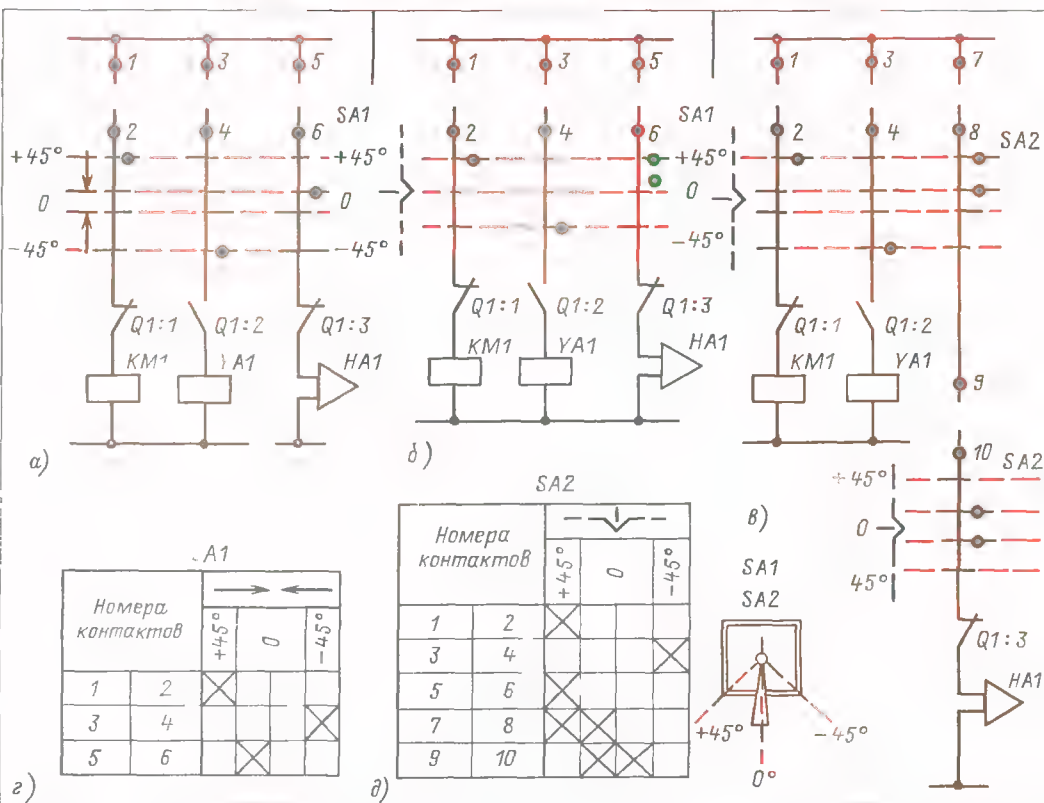


Упражнение 2.19

(Рис. 2.45) рассматривает очень важную схему управления приводом масляного выключателя $Q1$ (не показан), при автоматическом отключении которого включается сирена $HA1$. Она будет работать до тех пор, пока дежурный не подтвердит получение сигнала, т. е. не заквитирует сигнал (от слова квитанция — подтверждение).

Особенность переключателя $SA1$ состоит в том, что у его рукоятки три позиции ($+45^\circ$, 0 и -45°), но четыре контактных положения, а именно: "Включить" ($+45^\circ$), "Включено" (0), "Отключить" (-45°) и "Отключено" (0). Таким образом, позиции 0 на рис. 2.45, а соответствует не одна штриховая линия, как на рис. 2.43, б, а две. Кроме того, стрелка, указывающая на самовозврат, доведена от линии контактного положения "Включить" только до линии контактного положения "Включено" (т. е. до второй штриховой линии, если считать сверху), а стрелка от линии контактного положения "Отключить" доведена только до линии контактного положения "Отключено" — третья штриховая линия.

Работает схема следующим образом. При поворачивании рукоятки в позицию $+45^\circ$ образуется цепь, по которой срабатывает промежуточный контактор $KM1$ и включает масляный выключатель. При этом размыкаются вспомогательные контакты $Q1:1$ и $Q1:3$, но замыкается контакт $Q1:2$, подготавливая цепь отключающего электромагнита $YA1$. После отпускания рукоятки контакт переключателя в цепи $KM1$ размыкается, но контакт в цепи sireны $HA1$ остается замкнутым, благодаря чему подготавливается схема ее включения.



При отключении выключателя от действия з а щ и т ы (т. е. когда к переключателю не п р и к а с а ю т с я) через контакт $Q1:3$ (он замкнут) сирена выключается. Чтобы ее отключить, нужно "подтвердить отключение", т. е. рукоятку переключателя перевести в позицию "Отключить" и затем отпустить. В результате этих действий контакт переключателя в цепи сирены разомкнется и останется разомкнутым.

На рис. 2.45,б приведена эта же схема, но переключатель $SA1$ показан с фиксатором (т. е. по способу, подробно рассмотренному на рис. 2.44,в). Кроме того, линия 0 не раздвоена (как сделано на рис. 2.45,а и в), поэтому точку в цепи сирены пришлось поместить не на штриховой линии 0 (что исказило бы смысл схемы), а над линией.

Несмотря на множество различных исполнений переключателей, среди них может не оказаться такого, какой нужен для схемы на рис. 2.45,а. В этих случаях неопытные люди за-

Рис. 2.45. Необходимая схема переключений может быть создана путем использования в одной цепи не одной, а двух секций переключателя. К упражнению 2.19

нимаются переделкой имеющегося переключателя под "свою схему", а опытные не портят переключатель, а соединяют последовательно (а иногда параллельно) два контакта и добиваются, таким образом, необходимого результата. Пример приведен на рис. 2.45,в, где один контакт в цепи сирены на рис. 2.45,а заменен двумя контактами на рис. 2.45,в, но они соединены последовательно.

Отвечить на вопросы. 1. Соответствуют ли друг другу схема переключателя $SA1$ на рис. 2.45,а и диаграмма переключений на рис. 2.45,г? Схема переключателя $SA2$ на рис. 2.45,в и диаграмма переключений на рис. 2.45,д? 2. Доказать, что цепь сирены на рис. 2.45,в подготовлена только в положении "Включено", рассмотрев сначала

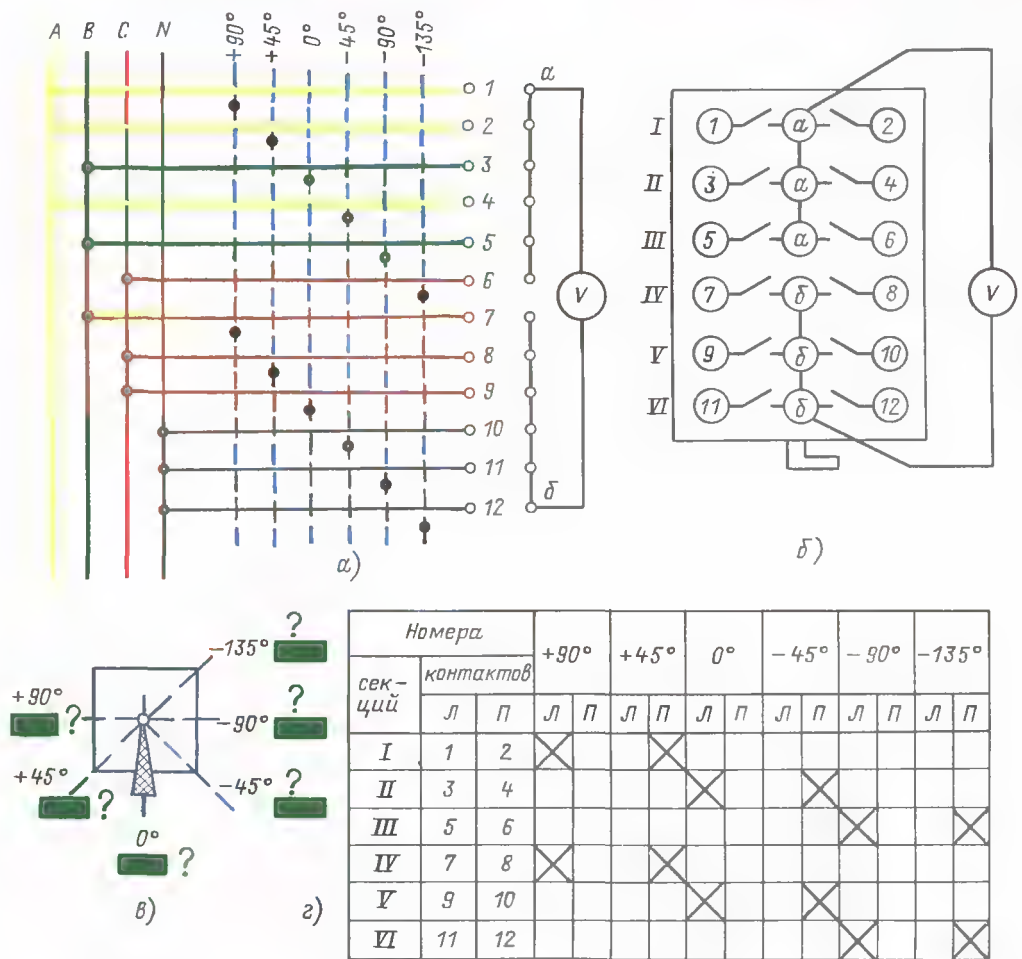


Рис. 2.46. Вольтметровый переключатель. К упражнению 2.20

изображен возврат (стрелки), а на диаграмме SA2 показан фиксатор. Нет ли здесь ошибки?



Ответы

схему, а затем диаграмму переключений. 3. Объяснить, благодаря чему при отключении с помощью переключателя (а не от защиты) сирена молчит? 4. Чем объясняется, что при включении выключателя сирена может на мгновение включиться? 5. На рис. 2.45, б точка нарисована над линией 0, а на рис. 2.45, а и в линия 0 "раздвоена". Случайно ли ее "раздвоение" или же оно имеет какой-либо смысл? 6. На диаграмме переключений SA1

1. Соответствуют (ср. положение жирных точек на схемах с крестами на диаграммах).
2. В позиции $+45^\circ$ замкнут контакт секции между выводами 7-8, но между выводами 9-10 разомкнут. В позиции "Включено" замкнуты контакты как между выводами 7-8, так и

между выводами 9-10. В позиции "Отключено" контакт между выводами 9-10 замкнут, но между выводами 7-8 разомкнут. Иными словами, цепь сирены подготовлена только в позиции "Включено", что и требуется.

3. При отключении с помощью переключателя раньше размыкается его контакт в цепи сирены и только после этого замыкается контакт $Q1:3$.

4. На включение выключателя требуется некоторое время. Следовательно, контакт $Q1:3$ размыкается не сразу после того, как переключатель будет повернут в положение "Включить".

5. "Раздвоение" линии, т. е. изображение всех контактных положений, имеет смысл. Во-первых, оно более полно отражает действительную схему переключателя и, во-вторых, исключает ошибки из-за неаккуратности вычерчивания, особенно при небольших размерах схемы, из-за которых точку можно отнести к любой из штриховых линий, между которыми она расположена.

6. Диаграмма на рис. 2.45,а соответствует изображению пружинного возврата, а на рис. 2.45,в -- обозначению фиксирующего механизма: ошибки нет.

Предохранители и разрядники

Как предохранители, так и разрядники предохраняют электроустановки от повреждений. Предохранители отключают место, в котором возникло короткое замыкание, а в некоторых случаях, например в сетях освещения, предохраняют также электроустановки от перегрузки. Разрядники защищают изоляцию электроустановок от разрушения перенапряжениями в одних случаях внешними, например грозовыми, а в других -- внутренними, возникающими внутри самой электроустановки в процессе коммутации; такие перенапряжения называют коммутационными.

Предохранители. На рис. 2.47,а приведено общее обозначение 1 предохранителя, т. е. такое обозначение, которое можно применять в любом случае. Если же требуется подчеркнуть особые свойства, то используют обозначения 2 и 3 -- инерционно-плавкий предохранитель, 4 или 5 -- тугоплавкий, 6 -- быстродействующий. Быстродействующими предохранителями защищают, например, полупроводниковые выпрямители выпрямительных установок.

В устройствах связи из-за того, что линии длинные и сечение проводников мало, значение тока КЗ сильно ограничено. Поэтому применение обычных предохранителей оказывается невозможным; их приходится заменять термическими предохранительными катушками 7. Термические катушки могут использоваться и в устройствах сигнализации, осуществляемых многожильными кабелями связи на большом расстоянии.

Для уменьшения размеров распределительных щитов иногда конструктивно совмещают предохранитель либо с выключателем, либо с разъединителем. Обозначения выключателя-предохранителя и разъединителя-предохранителя приведены на рис. 2.56, поз. 46 и 22 соответственно.

Упражнение 2.20

Рассмотрим включение вольтметра V , который с помощью переключателя можно измерять фазные и линейные напряжения.

Ответить на вопросы. 1. Как обозначены секции, из которых набран переключатель? 2. Что обозначено буквами a и b ? 3. Что должно быть написано на табличках, которые изображены на рис. 2.46,в зелеными прямоугольниками?

Ответы

1. Секции обозначены римскими цифрами I--VI.

2. Буква a -- общая точка (перемычка), с которой могут, в соответствии с таблицей, соединяться контакты, присоединенные к выводам 1--6. Общая точка b относится к контактам с выводами 7--12.

3. В табличках должны быть написаны следующие обозначения фаз (A , B , C) и нейтрали N : $+90^\circ A-B$; $+45^\circ A-C$; $0 B-C$; $-45^\circ A-N$; $-90^\circ B-N$; $-135^\circ C-N$.

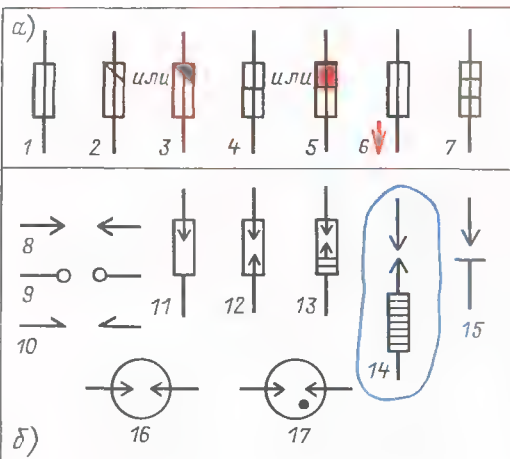


Рис. 2.47. Предохранители и разрядники

Разрядники. Общее обозначение двухэлектродного искрового промежутка 8 показано на рис. 2.47,б. Там же приведено общее обозначение разрядника 11. Если нужно уточнить его тип, то применяют обозначения: 9 — разрядник шаровой; 10 — роговой; 12 — трубчатый; 13 — вентильный (отмененное обозначение 14 вентильного разрядника обведено волнистой линией); 16 — вакуумный; 17 — двухэлектродный ионный с газовым наполнением.

Газовое наполнение обозначено жирной точкой внутри изображения баллона (окружность)

Чтобы предотвратить массовый пробой изоляции и поражения людей при нарушении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора, применяют пробивные предохранители 15. Пробивной предохранитель включают между нейтралью обмотки низшего напряжения (если обмотка соединена в звезду) и землей или между одним из фазных проводов и землей при соединении в треугольник. Пример дан на рис. 2.56, поз. 39.

2.8. Измерительные трансформаторы, шунты, добавочные резисторы. Измерительные приборы

Трансформаторы тока (рис. 2.48) могут быть изображены либо в форме I (обозначения 1, 3, 5, 7, 9), либо в форме II (2, 4, 6, 8, 10, 11). В любом случае первичную обмотку изображает черта с жирными точками — выводами. Без обозначения выводов первичная обмотка трансформатора тока "слилась" бы с изображением провода, в который она включена. Так, например, без обозначения выводов невозможно было бы понять, что в желтую фазу на рис. 2.51, который подробно рассмотрен ниже, включены три трансформатора тока — 9, 12 и 18.

Если необходимо, то показывают магнитопровод (на рис. 2.48, поз. 6, 10, 15 — зеленые линии).

Итак, на рис. 2.48: 1 или 2 — трансформатор тока с одной вторичной обмоткой — магнитопровод не показан, так как совершенно очевидно, что они один; 3 или 4 — трансформатор тока шинный нулевой последовательности с катушкой подмагничивания (черная); 5 или 6 — трансформатор тока с одним магнитопроводом и двумя вторичными обмотками; 7 или 8 — трансформатор тока быстронасыщающийся, на что указывает ломаная линия (красная). Магнитопровод не показан, так как ясно, что он есть; 9, 10 или 11 — трансформатор тока с двумя магнитопроводами и двумя вторичными обмотками, т. е. каждая из них имеет свой магнитопровод (10). При наличии нескольких магнитопроводов их допускается не изображать (11).

Трансформаторы напряжения обозначают так же, как силовые трансформаторы. Так, на рис. 2.48 13 — двухобмоточный трансформатор в однолинейном, а 14 — в многолинейном обозначениях. Но эти обозначения не всегда удобны. В них,

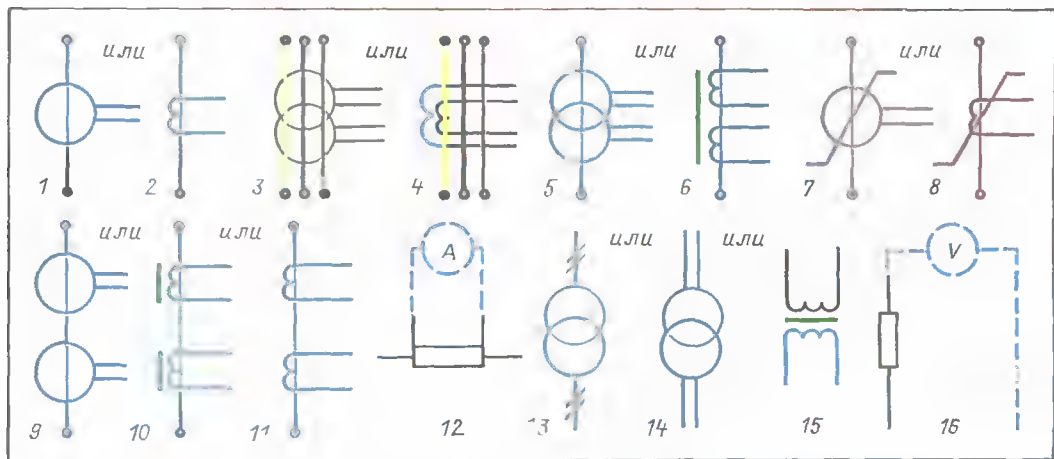


Рис. 2.48. Измерительные трансформаторы, шунты, добавочные резисторы

например, невозможно показать распространенное соединение двух трансформаторов в открытый треугольник. В этом случае необходимо применить обозначение 15. Пример его использования иллюстрирует рис. 2.51, где в открытый треугольник соединены трансформаторы напряжения 6 и 7.

Шунты применяются при изменении силы постоянного тока. Если шунт находится внутри прибора (а он всегда есть), то его отдельно не показывают, так как он является частью прибора. Но **выносной шунт**, необходимый при измерении больших токов, на схемах надо показывать, используя обозначение 12 (рис. 2.48). Заметьте, никаких точек (выводов шунта) изображать не надо.

Добавочные резисторы 16 (рис. 2.48) изображают так же, как резистор постоянный. Это обозначение необходимо, чтобы показать **внешний добавочный резистор** к вольтметру, осциллографическому гальванометру напряжения, лампе, одним словом, во всех случаях, когда напряжение сети выше напряжения, на которое рассчитан прибор (лампа).

Измерительные приборы в схемах показывают более или менее подробно. Обычно

ограничиваются обозначениями очертаний, которые подчеркивают: 1 — прибор показывающий; 2 — регистрирующий; 3 — интегрирующий (счетчик); 4 — показывающий и регистрирующий (рис. 2.49,а). В изображения вписывают **буквенные обозначения** единиц измерения или измеряемых величин. Например, на рис. 2.49,б: 6 — показывающий амперметр; 7 — регистрирующий вольтметр; 8 — счетчик ватт-часов; 9 — счетчик вольт-ампер-часов реактивных.

Если нужно указать **характеристику** отсчетного устройства прибора, то в его обозначение вписывают так называемый классифицирующий символ. Например, на рис. 2.49,а 5 — это вольтметр (V) с цифровым отсчетом, а на рис. 2.49,б 10 — регистрирующий (квадрат) и показывающий (окружность) амперметр (A) с непрерывной регистрацией.

Иногда целесообразно изображать **обмотки** приборов. Тогда для токовых обмоток используют обозначения, приведенные на рис. 2.49,в, а для обмоток напряжения — на рис. 2.49,г. Здесь 11 — обмотка токовая (две полуокружности),

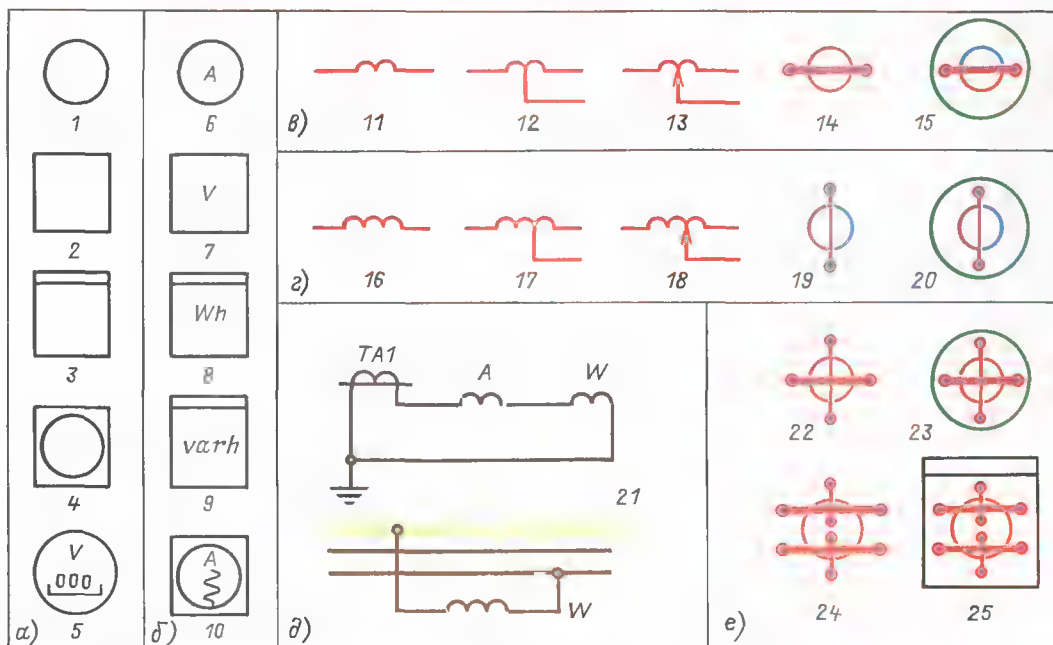


Рис. 2.49. Система построения обозначений условных графических измерительных приборов

а 16 — обмотка напряжения — три полуокружности; 12 (17) — обмотка секционированная с отводами; 13 (18) — обмотка секционированная переключаемая (стрелка). Обратите внимание: обозначения в виде полуокружностей применяют только в схемах, выполняемых разнесенным способом. В примере 21 на рис. 2.49,г к трансформатору тока TA1 присоединены токовые обмотки амперметра A и ваттметра W, а к желтой и к красным фазам — обмотка напряжения ваттметра W.

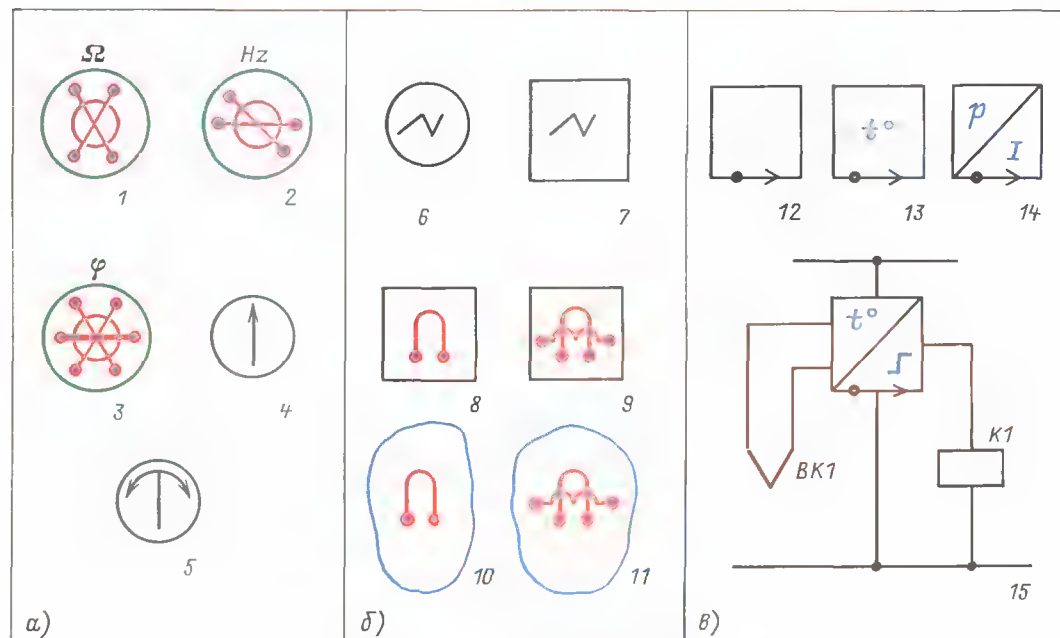
Если нужно изобразить взаимное расположение обмоток, то в контур прибора (его рисуют крупнее) помещают изображение измерительного механизма. Измерительный механизм обозначают окружностью, перечеркнутой линиями. Толстая линия — то-

ковая обмотка, тонкая — обмотка напряжения. Следовательно, 14 на рис. 2.49,в — это измерительный механизм амперметра, а 19 (рис. 2.49,г) — вольтметра. Сочетание изображений измерительного механизма и контура прибора дает его полное обозначение. Таким образом, 15 — амперметр, а 20 — вольтметр.

Важные замечания. 1. Обозначения 15 и 20 применять не следует, так как у амперметра и вольтметра есть одна-единственная обмотка. Нужно пользоваться более простыми обозначениями, например, 6 и 7.

2. В некоторых книгах, в том числе и в учебниках, изображают не приборы, например 15, 20, 23 и 25, а только их измерительные механизмы 14, 19, 22 и 24 соответственно.

Логометры (измерители отношений) не имеют возвратных пружин. Противодействующий момент в них создается электрическим путем, поэтому даже в простейшем случае логометр имеет не одну, а две об-



мотки. При отсутствии тока стрелка исправного логометра может занимать любое положение, так как у логометра нет пружины, устанавливающей стрелку на нуль.

Логометры применяются, например, в мегаомметрах, благодаря чему мегаомметр правильно измеряет сопротивление даже при значительных изменениях частоты вращения (скорости) рукоятки. (Чем медленнее вращают рукоятку, тем меньше ток, проходящий через рабочую обмотку, но в такой же мере уменьшается ток во второй обмотке, создающий противодействующий момент. При быстром вращении рукоятки увеличиваются токи и в рабочей, и в противодействующей обмотках. Но в любом случае отношение моментов сохраняется практически неизменным.)

Примеры обозначений тогаметров даны на рис. 2.50,а, где 1 — омметр Ω , 2 — ферродинамический частотомер Hz , 3 — электродинамический однофазный фазометр φ .

Рис. 2.50. Логометры, гальванометр, синхроскоп (а), осциллоскопы и осциллографы (б), датчики измеряемых неэлектрических величин (в)

Гальванометры, синхроскопы, осциллоскопы и осциллографы. Обозначения гальванометра 4 и синхроскопа 5 приведены на рис. 2.50,а, а осциллоскопа 6 (для визуальных наблюдений) и осциллографа 7 (для регистрации, т. е. для записи) — на рис. 2.50,б.

Осциллоскопы и осциллографы присоединяют с помощью осциллографических гальванометров тока или напряжения — обозначение 8 на рис. 2.50,б и мгновенной мощности 9. Отмененные обозначения 10 и 11 обведены волнистой линией. Заметим, что осциллографические гальванометры раньше называли шлейфами.

Датчики измеряемых неэлектрических величин (другой термин — первичные измерительные преобразователи) в общем случае изображают по 12 см. рис. 2.50,в).

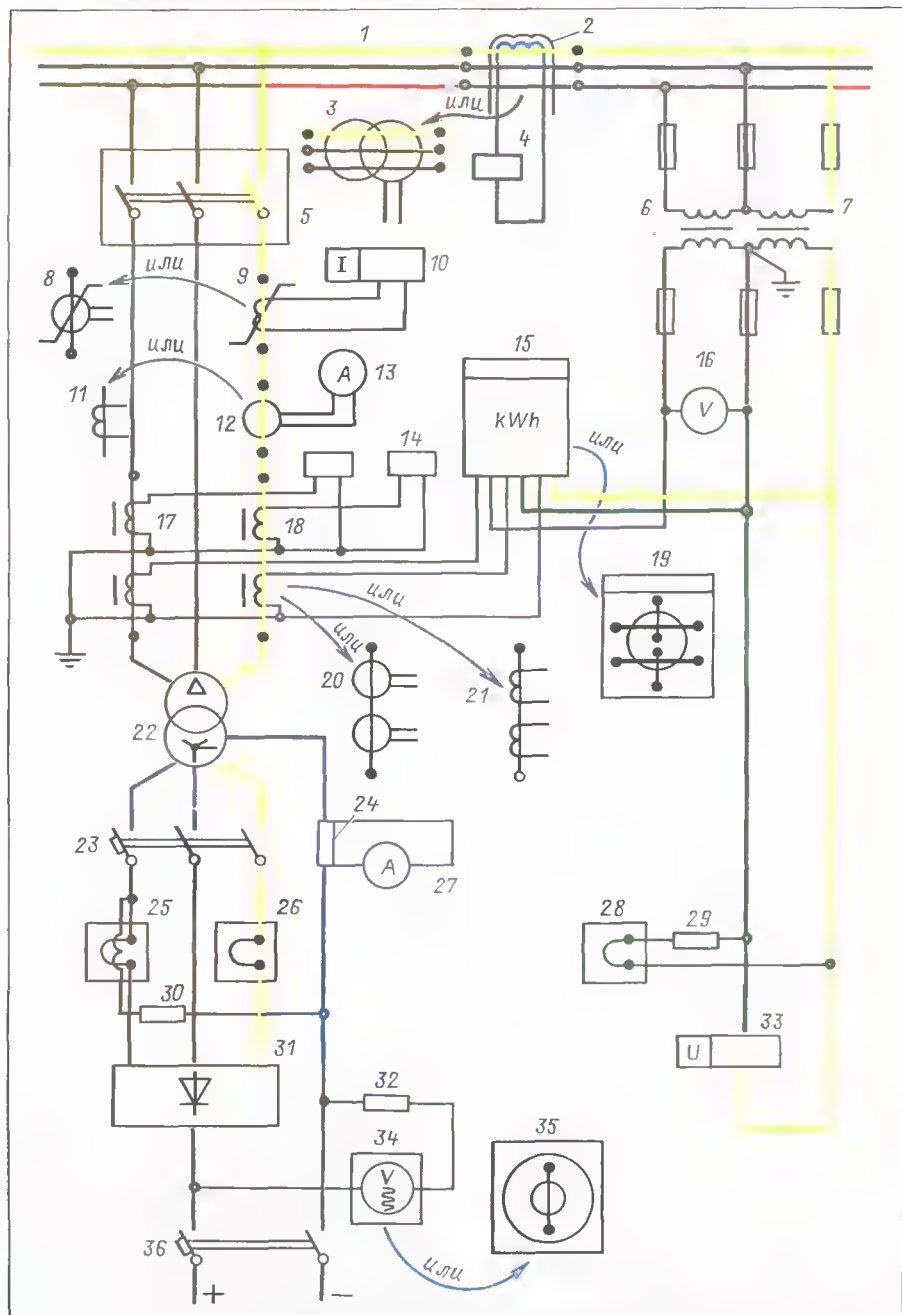


Рис. 2.51. Применение обозначений измерительных приборов. К упражнению 2.21

Это обозначение может быть конкретизировано. Например, 13 — датчик температуры, на что указывает буква t° , 14 — датчик, преобразующий давление p в пропорциональный его значению ток I и т. п.

Естественно, что датчик должен быть присоединен. Следовательно, нужно изобразить провода. В качестве примера на рис. 2.50, в показаны терморегулятор 15 с термопреобразователем (термопарой) ВК1 и выходом на катушку реле К1. Обозначение этого датчика разделено диагональю на две части. В верхней написана буква t° (температура), а в нижней показан знак, характеризующий ступенчатое регулирование.



Упражнение 2.21

На рис. 2.51 даны примеры присоединения разнообразных измерительных приборов. Схема учебная, ряд деталей, не имеющих отношения к рассматриваемому вопросу, в ней опущен. На схеме показан участок электрической сети, состоящей из шин 1, выключателя 5, трансформатора 22, выпрямителя 31, выключателей автоматических 23 и 36.

Ответить на вопросы. 1. Какие измерительные трансформаторы напряжения изображены на схеме, как они соединены и защищены? Для чего заземлена общая точка их вторичных обмоток? 2. Какие приборы присоединены к трансформаторам напряжения? 3. Какие измерительные трансформаторы тока изображены на схеме, что к ним присоединено? 4. Почему амперметр 13 присоединен ко вторичной обмотке трансформатора тока, а амперметр 27 к шунту 24? 5. Почему вольтметр 16 присоединен без добавочного резистора, а вольтметр 34 через добавочный резистор 32? 6. Какие осциллографические гальванометры изображены на схеме и как они включены?



Ответы

1. Однофазные трансформаторы напряжения 6 и 7 соединены в открытый треугольник и защищены предохранителями. Заземление общей точ-

ки вторичных обмоток — мера электробезопасности.

2. Вольтметр 16, счетчик киловатт-часов (kWh) 15, осциллографический гальванометр 28, реле напряжения (U) 33.

3. Шинный трансформатор тока 2 или 3 нулевой последовательности с катушкой подмагничивания, питающий катушку реле 4. Включение катушки подмагничивания не показано. Быстро-насыщающийся трансформатор тока 9 (или 8), питающий катушку токового реле 10. Трансформатор тока 12 (или 11) с одной вторичной обмоткой, к которой присоединен амперметр 13. Трансформаторы тока 17 и 18 (или 20, или 21) с двумя магнитопроводами и двумя вторичными обмотками. Каждая пара обмоток соединена в неполную звезду с заземленной общей точкой. Одна пара вторичных обмоток питает катушки реле 14, а другая — токовые цепи счетчика 15 или 19.

4. Амперметр 13 измеряет силу переменного тока, амперметр 27 — постоянного.

5. Добавочный резистор вольтметра 16 находится внутри прибора. Напряжение, на которое рассчитан показывающий и регистрирующий вольтметр 34 или 35 с непрерывной записью, меньше напряжения сети, в которую он включен, поэтому и потребовался добавочный резистор 32.

6. Осциллографический гальванометр 25 мгновенной мощности, токовая обмотка которого введена в рассечку провода (понятно, не непосредственно, а через встроенный шунт, но его не показывают), а обмотка напряжения — через добавочный резистор 30. Гальванометр тока 26. Гальванометр напряжения 28 с добавочным резистором 29.

2.9. Сигнальные приборы, лампы, фотоэлементы, сельсинны

Сигнальные приборы, лампы, фотоэлементы

Сигнальные приборы. На рис. 2.52, а показаны: общее обозначение звонка 1; звонки: постоянного тока 2; переменного тока 3; одноударный звонок 4; зуммер 5; сирена 6; гудок, сигнальный рожок 7; ревун 8.

Лампы накаливания (рис. 2.52, б). Общее обозначение ламп накаливания освети-

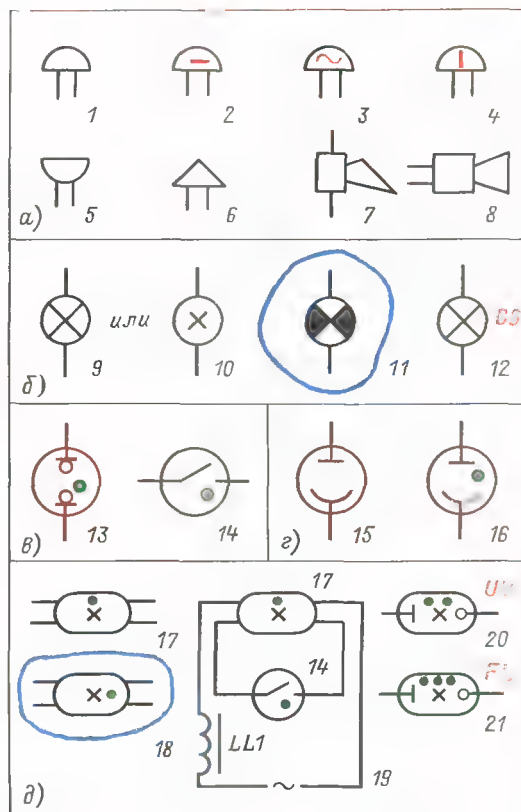


Рис. 2.52. Сигнальные приборы, лампы, фотоэлементы

тельной и сигнальной 9 или 10. Здесь крест обозначает видимое излучение. Если нужно подчеркнуть, что излучение инфракрасное, то рядом с изображением лампы пишут *IR* (не показано).

Обратите внимание: по отмененному стандарту в изображении сигнальных ламп секторы допускалось зачернять (см. обозначение 11). В настоящее время их не зачерняют. Но если нужно указать цвет лампы, то используют надписи: *C2* — красный, *C4* — желтый, *C5* — зеленый, *C6* — синий, *C9* — белый. Следовательно, на рис. 2.52,б лампа 12 синего цвета, так как рядом с ее изображением написано *C6*.

Газоразрядные лампы. Примеры обозначений газоразрядных ламп даны на рис. 2.52,в и д. Здесь: 13 — лампа глеющего разряда (неоновая лампа), а 14 — пускатель (стартер) для люминесцентных ламп.

Общее обозначение 17 осветительной и сигнальной газоразрядной лампы с двумя выводами приведено на рис. 2.52,д. Это лампа низкого давления, на что указывает одна точка. Обратите внимание: по отмененному стандарту точку располагали иначе (ср. современное обозначение 17 с отмененным 18).

На рис. 2.52,д даны примеры обозначений газоразрядных ламп с простыми электродами (черта — анод, кружок — катод). Здесь: 20 — лампа высокого давления (на что указывают две точки) ультрафиолетового излучения, обозначенного буквами *UV*, а 21 — лампа сверхвысокого давления (три точки) с флуоресценцией — буквы *FL*.

В обозначениях ламп могут встретиться буквы, характеризующие газовое наполнение: *Ne* — неон; *Xe* — ксенон; *Na* — натрий; *Hg* — ртуть; *I* — иод.

На рис. 2.52,д, поз. 19 дан пример включения осветительной газоразрядной лампы 17 с пускателем 14, где *LL1* — дроссель.

Фотоэлементы электронный 15 и ионный 16 обозначают, как показано на рис. 2.52,г.

Сельсины

Общее обозначение 1 сельсина дано на рис. 2.53,а. Заметьте: концентрические окружности в данном случае не являются обозначениями ротора и статора.

Для конкретных типов сельсинов вместо знаков *ZZ* вписывают так называемые классифицирующие символы, где первая буква *C* означает управление; *T* — угол поворота; *R* — решающее уст-

ройство. Вторая буква: *Д* — дифференциальный; *Р* — приемник; *Т* — преобразователь; *Х* — датчик; *В* — с поворотной статорной обмоткой. Следовательно, на рис. 2.53,а 2 — это датчик (*Х*), а 3 — приемник (*Р*) угла поворота (*Т*); они соединены трехпроводной линией связи, т. е. тремя проводниками.

Сельсины могут иметь контактные кольца — это контактные сельсины, но могут и не иметь колец.

Сельсины без контактных колец называются бесконтактными.

Сельсины могут изображаться в двух формах — I и II.

Обозначения контактных сельсинов иллюстрируют рис. 2.53,б и в.

Сельсин-датчик расположен, например, слева, а сельсин-приемник — справа. Так, на рис. 2.53,б обмотка возбуждения расположена на статоре, а трехфазная обмотка синхронизации, соединенная в звезду, находится в пазах, равномерно распределенных по окружности ротора. Для вывода ее концов ротор имеет три контактных кольца. На рис. 2.53,б 4 — обозначение в форме I, 5 — в форме II.

На рис. 2.53,в показаны сельсины, у которых однофазные обмотки возбуждения расположены на явно выраженных полюсах роторов, а трехфазные обмотки синхронизации соединены в звезду и расположены в пазах окружностей статоров. Обозначение 6 — в форме I, 7 — в форме II. Для выводов обмотки возбуждения ротор имеет два кольца.

Дифференциальный сельсин 9 (рис. 2.53,г) с обмотками, соединенными в звезду, изображен в середине схемы. Он соединен с двумя датчиками 8 и 10 (передача *А* слева, передача *Б* справа).

Угол поворота дифференциального сельсина соответствует разности углов, на которые повернуты роторы датчиков.

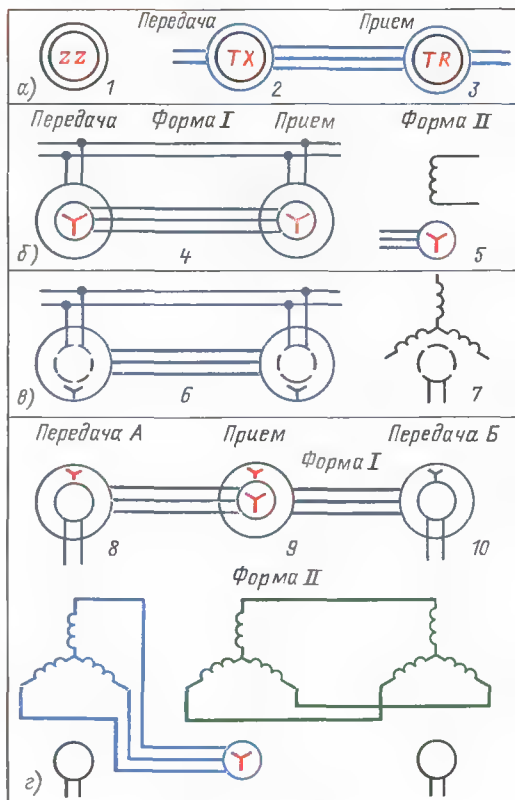


Рис. 2.53. Сельсины

2.10. Усилители, стабилизаторы

Усилители

В электроустановках широко применяются различные усилители. Рассмотрим обозначения условные графические наиболее распространенных из них.

Усилители электромашинные с поперечным потоком и несколькими, например тремя, обмотками управления обозначают по 1, а с продольным потоком — по 2, как показано на рис. 2.54,а.

Усилители ламповые. Основа усилителя лампового — трехэлектродная лампа

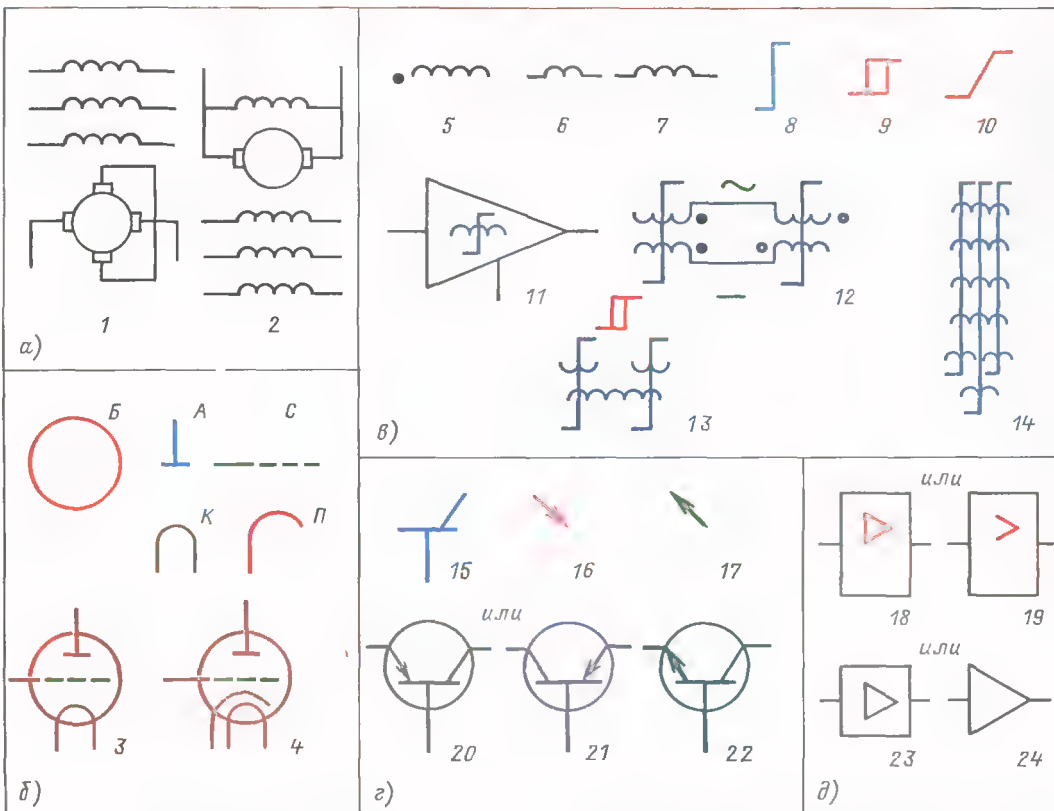


Рис. 2.54. Усилители

(триод): 3 — прямого накала и 4 — косвенного накала (рис. 2.54, б). Обозначения составлены из сочетаний обозначений: Б — баллона электровакуумного прибора, А — анода, К — катода, С — сетки и П — подогревателя.

Усилители магнитные (рис. 2.54, в) состоят из рабочих и управляющих обмоток и магнитопроводов. Обмотку 5 обозначают полукругностями, количество и направление выводов которых не устанавливается. Жирная точка указывает начало обмотки. Однако при изображении усилителей разнесенным способом рабочую обмотку 6 изображают двумя, а управляющую 7 — тремя полукругностями. О б

ратите внимание: отмененный в настоящее время стандарт допускал рабочую обмотку изображать в 2–3 раза толще, чем управляющую.

Магнитопровод 8 — ломаная черта. Она должна пересекать изображение обмоток. Заметьте, по отмененному стандарту для магнитопровода магнитного усилителя специального обозначения не было; его изображали чертой, т. е. так же, как магнитопровод трансформатора.

Если нужно отразить характер намагничивания, то применяют обозначения 9 и 10. Обозначение 9 указывает на прямоугольную петлю гистерезиса, 10 — на непрямоугольную.

Общее обозначение усилителя магнитного — 11. Это обозначение новое.

Рассмотрим типичные примеры. Так, 12 — усилитель с двумя последовательно соединенными рабочими обмотками и с двумя встречно-включенными секциями управляющей обмотки. Рабочая обмотка — переменного тока ($\sim$); управляющая — постоянного тока ($-$). Другой пример — 13 изображает усилитель с двумя рабочими и общей управляющей обмотками и прямоугольной петлей гистерезиса. Третий пример — 14 — усилитель трехфазный с тремя рабочими и четырьмя управляющими обмотками. Каждая рабочая обмотка охватывает один магнитопровод, управляющие обмотки — все три магнитопровода.

Усилители полупроводниковые (рис. 2.54,з). Основой усилителя служит транзистор — полупроводниковый прибор, представляющий собой пластину кремния или германия, состоящую из трех областей. Две крайние области всегда обладают одинаковым типом проводимости, а средняя — противоположной проводимостью. Транзисторы, у которых крайние области обладают электронной проводимостью, а средняя — дырочной, являются транзисторами *NPN*-типа (в ряде книг тип проводимости обозначают не прописными *N* и *P*, как в ГОСТ на обозначения условные графические, а строчными буквами *p* и *n*). Транзисторы, у которых крайние области обладают дырочной, а средняя электронной проводимостями, являются транзисторами *PNP*-типа. Полярности включения транзисторов *NPN* и *PNP* различны.

Смежные области, отделенные друг от друга *NP*-переходами, называются эмиттером, базой и коллектором.

Э м и т т е р — область, испускающая (эмиттирующая) носители зарядов (электронов в транзисторе *NPN*); **к о л л е к т о р** — область, собирающая носители зарядов; **б а з а** — средняя область, основание.

Элементы полупроводниковых приборов: 15 — область между проводниковыми

слоями с различной электропроводностью; 16 — *P*-эмиттер с *N*-областью; 17 — *N*-эмиттер с *P*-областью (рис. 2.54,з). Корпус транзистора — окружность — допускается не изображать, если смысл изображения не меняется и если корпус не используется для электрического соединения.

Рассмотрим примеры: 20 — транзистор типа *PNP*, 22 — типа *NPN*. Сравнивая 20 и 21, видим, что транзисторы допускается показывать в зеркальном изображении.

Упрощенные обозначения любых усилителей иллюстрирует рис. 2.54,д. Усилитель обозначен прямоугольником, в который вписан треугольник — 18 или знак "больше" — 19. В обозначение усилителя с повышенной нагрузочной способностью вписывают два треугольника $\triangleright \triangleright$ или два знака $\gg$ (не показано). К прямоугольникам подводят столько проводников, сколько требуется в каждом конкретном случае.

В схемах устройств связи усилители обозначают по 23 или 24.

Более подробные сведения о принципах построения обозначений элементов, выполняющих физические преобразования сигналов, приведены в § 2.12. Там же рассмотрены обозначения специальных усилителей (суммирующих, интегрирующих, дифференцирующих) для аналоговых и аналого-цифровых вычислительных машин.

Стабилизаторы

Многие электротехнические устройства требуют поддержания напряжения на заданном уровне с небольшими отклонениями, т. е. его стабилизации. Общеизвестный пример — телевизор. Есть и другие причины, требующие стабилизации напряжения, а иногда и тока. Так, при повышенном напряжении резко снижается срок службы многих изделий. Другой пример: изменения напряжения изменяют характеристики

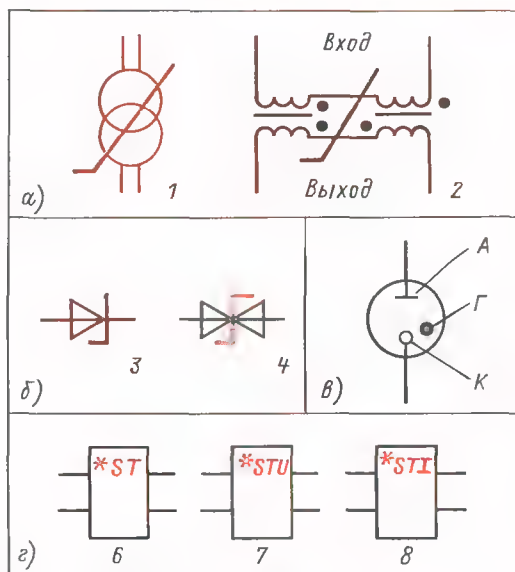


Рис. 2.55. Стабилизаторы

полупроводниковых приборов, что может расстроить работу ответственных устройств автоматики и вычислительной техники. Наконец, в устройствах контроля технологических параметров часто значение контролируемого параметра преобразуется в пропорциональное ему напряжение, которое затем сравнивается с опорным напряжением. Ясно, что опорное напряжение не должно изменяться. Можно привести и другие очень важные причины, требующие стабилизации напряжения.

Стабилизация достигается многими способами. Здесь рассматриваются обозначения в схемах наиболее употребительных стабилизаторов.

Стабилизатор феррорезонансный (рис. 2.55,а) может быть обозначен так же, как трансформатор 1 с нелинейным регулированием. Кроме того, его позиционное обозначение укажет на то, что это стабилизатор.

Если же есть причины, чтобы показать более подробно внутренние соединения, то

это может быть сделано, например, так, как показано на рис. 2.55,а, поз. 2. Здесь изображены два трансформатора, первичные обмотки которых соединены последовательно (точки, обозначающие начала обмоток, расположены с одной стороны), а вторичные обмотки — встречно (точки расположены с разных сторон). Кроме того, обозначено нелинейное регулирование — ломаная красная черта.

Стабилизаторы полупроводниковые — стабилитроны (диоды лавинные выпрямительные) односторонний 3 и двусторонний 4 (рис. 2.55,б).

Стабилизатор ионный (стабилитрон) показан на рис. 2.55,в. Здесь *A* — анод, *K* — катод, *Г* — обозначение газового наполнения.

Упрощенные изображения любых стабилизаторов иллюстрирует рис. 2.55,г, где 6 — стабилизатор (буквы *ST*, перед которыми нарисована звездочка), 7 — стабилизатор напряжения, на что указывает буква *U*, 8 — стабилизатор тока (*I*). Обратите внимание: звездочка (*) перед буквенным обозначением указывает на то, что стабилизатор является нелогическим элементом (подробнее см. § 2.12).

К прямоугольнику подводят столько проводов, сколько требуется в каждом конкретном случае.

2.11. Аппаратура распределительных устройств

На рис. 2.56 приведена однолинейная схема с примерами изображений наиболее распространенной аппаратуры распределительных устройств. Некоторые характерные участки схемы показаны в трехлинейных обозначениях. Устаревшие, но распространенные обозначения обведены синей волнистой линией. Обратим внимание читателей на то, что схема явно неправдоподобна, хотя ошибок в ней нет. Дело в том, что она

преследует единственную цель — сопоставить условные обозначения разнотипной аппаратуры и показать, как ее можно изображать. Поэтому собраны разнообразные сочетания аппаратов, а чтобы не загромождать схему и не отвлекать внимание читателей от рассматриваемого вопроса, некоторые разъединители, заземления и т. п. опущены. Кроме того, одно и то же показано разными способами, например в зеркальном изображении, чего в настоящих схемах не делают.

Итак, подстанция *A* получает питание по вводу 35 кВ (рис. 2.56,а). Рассматривая схему начиная с ввода, видим заземляющий разъединитель 2, ножи которого присоединены к "земле" 1, и линейный разъединитель 3. Линейный и заземляющий разъединители одновременно включать нельзя, поэтому они взаимно заблокированы. Но блокировка на схеме не показана. Дело в том, что блокировку между разъединителями иногда изображают штриховой линией. Но это не совсем строго, так как штриховая линия указывает на механическую связь, т. е. совместное управление, а в данном случае имеет место не совместное управление, а его противоположность, а именно запрет совместного управления.

Далее следуют: отделитель 4 одностороннего действия, короткоразмыкатель 5, вентильный разрядник 6. За мет ь т е: обозначение вентильного разрядника изменилось. Старое обозначение обведено синей волнистой линией. При срабатывании защиты трансформатора 7 или шин подстанции *A* автоматически включается короткозамыкатель и через свой корпус создает искусственное короткое замыкание между двумя фазами и "землей", что отчетливо видно в многолинейном изображении. В результате короткого замыкания отключается выключатель, через который получает питание ввод 35 кВ с другой подстанции.

Двухобмоточный трансформатор 7 (обмотки которого соединены в звезду и тре-

угольник) со стороны 10 кВ присоединен через трехполюсный выключатель 10 высокого напряжения масляный, электромагнитный или любого другого исполнения — обозначение выключателя от этого не изменяется. Выключатели 10, 12 и 13, трансформатор напряжения 8 с предохранителем 9 смонтированы на выкатных тележках. На это указывает обозначение 11 разъемного соединения. О б р а т и т е в н и м а н и е: многолинейное обозначение разъемного соединения изменилось; отмененное обозначение обведено синей волнистой линией. Обмотки трансформатора напряжения соединены в звезду с выведенными нейтральными точками. Нейтральные точки заземлены.

В линию № 1 с выключателем 12 введен реактор 14.

Подстанция *A* через выключатель 13 по кабелю 16 питает подстанцию *B*. Кабельная муфта изображена треугольником 15.

На рис. 2.56,б видны кабель 16, заземляющий разъединитель 17, линейный 19 и шинный 23 разъединители, выключатель 20 и две секции шин 1 и 11 с секционными разъединителями 27 и 28.

К шинам секции 1 присоединены: заземляющий разъединитель 26, разъединители-предохранители 22 и 29 линий № 2 и № 5 соответственно и трансформатор 37. Трансформатор со стороны высшего напряжения защищен предохранителями 33 и присоединен через выключатель-разъединитель 30. Нейтраль обмотки низшего напряжения (380/220 В) глухо заземлена, и к ней присоединена нейтральная шина *N*. В фазные провода введен выключатель автоматический 42.

От шин 380/220 В отходят линии № 6—9. Трехпроводная линия № 6 имеет выключатель 41 и защищена предохранителями 36. Четырехпроводная линия № 7 (три фазы и нейтральный провод) защищена выключателем автоматическим 44. Линия № 8 четырехпроводная с выключателем 45 и предохра-

нителями 48 в фазных проводах. Линия № 9 четырехпроводная с выключателем-предохранителем 46. Обратите внимание: в четырехпроводных линиях коммутационные и защитные аппараты введены только в фазные провода. Нейтральные (по старой терминологии "нулевые") провода непосредственно присоединены к нейтральной шине N.

Вольтметр 35 присоединен через предохранитель 40.

К секции II шин 10 кВ присоединены линии № 3 и 4, разрядник 32 и трансформатор 38. Линия № 3 со сдвоенным реактором 18 включена через выключатель 21 и шинный разъединитель 24; линия № 4 — через выключатель-разъединитель 25.

Трансформатор 38 присоединен через выключатель-разъединитель 31 и защищен со стороны 10 кВ предохранителем 34, а со стороны НН — выключателем автоматическим 43. Нейтральная точка обмотки НН присоединена к "земле" через пробивной предохранитель 39.

Линия № 10 присоединена через четырехполосный рубильник 47, но предохранители 49 введены только в фазные провода.

Важное замечание. На рис. 2.56 все коммутационные аппараты (выключатели, разъединители) показаны в отключенном положении. В отключенном положении показаны также заземляющие разъединители, короткозамыкатели и отделители, хотя во многих проектах и даже в книгах по установившейся традиции их иногда изображают во включенном положении. Но это отступление от общего правила необходимо оговорить на чертеже.

Однако на оперативных схемах, т. е. на таких схемах, которыми пользуется оперативный персонал, например дежурные диспетчеры, дежурные по сетевым районам и т. п., а также в схемах, которые служат для расчета режимов, т. е. в обоснованных случаях, коммутационные аппараты изображают в рабо-

чем положении для выбранного, например для рабочего, режима. Пример оперативной схемы дан ниже при рассмотрении упражнения 2.23.



Упражнение 2.22

Ответить на вопросы. 1. На рис. 2.56,а показаны короткозамыкатель 5 и отделитель 4. В стандарте таких обозначений нет. Можно ли на этом основании считать, что эти обозначения противоречат стандарту? 2. Обозначений выключателей высокого напряжения 10, 12 и 13, а также кабельной муфты 15 в стандарте нет. На каком же основании эти обозначения применены, и почему их в схемах не поясняют? 3. В каком положении изображены выключатели 10, 12 и 13: включено или отключено? 4. Что обозначает надпись у шин "3 ~ 10 кВ"? 5. Почему на рис. 2.56,б у изображения шин секции I нет надписей, у шин секции II написано только "10 кВ", а надпись "3 ~" опущена? 6. Ножи разъединителя 26 направлены вниз, а разъединителя 27 — вверх. Аналогично ножи разъединителя 23 направлены влево, а разъединителя 24 — вправо. Не является ли такой разницей в изображениях нарушением стандарта? 7. В обозначении 25 есть две окружности: черная и красная. Что обозначает каждая из них? 8. Что обозначает красная окружность в изображении выключателя 41? Почему такой окружности нет в обозначении 45? 9. Что обозначают красные черточки, пересекающие обозначения шин в проводах? 10. Почему на линии № 8 над изображением предохранителей три черточки, а внизу, на отходящей линии — четыре? 11. Линия № 7 кабельная или воздушная? 12. Что обозначают две параллельные красные линии в трехлинейном обозначении выключателя-предохранителя 46? 13. Сколько предохранителей 48: один, два, три или четыре? 14. Рассматривая в линии № 9 узел, обведенный кружком, объясните, правильно ли он выполнен. 15. Как надо понимать "обход предохранителя" в линии № 10? Сколько полюсов у выключателя 47? Не противоречит ли это общему правилу, запрещающему вводить коммутационные аппараты в нейтральный провод? 16. У изображения трансформатора 37 есть надпись T2. Чем она является? 17. У изображения трансформатора 38 есть надпись "100 кВ·А, 10/0,23 — 0,13 кВ". Как ее расшифровать и не противоречит ли она надписи у шин "220/127 В"? Допустимо ли непосредственно на схемах указывать параметры ее элементов, в нашем примере

номинальные данные трансформатора? 18. Можно ли по обозначению 32 судить о типе разрядника?



Ответы

1. Обозначения короткозамыкателя 5 и отделителя 4 построены по системе, предусмотренной стандартом, т. е. как сочетание двух стандартных обозначений — обозначения разъединителя и одностороннего направленного движения (красная стрелка). Следовательно, обозначения короткозамыкателя и отделителя не противостоят стандарту и не требуют дополнительных пояснений.

2. Обозначение выключателя высокого напряжения (квадрат) установлено "Указаниями методическими по применению государственных стандартов ЕСКД в электрических схемах комплектных устройств и схемах технологического контроля и автоматики энергетических объектов". Обозначение кабельной муфты соответствует стандарту СЭВ (СТ СЭВ 160—75).

3. Выключатели отключены. Однако на оперативных схемах, а также на схемах, отражающих выбранный для расчета режим (см. упражнение 2.23), изображения отключенных выключателей зачерняют.

4. Три шины (3) переменного тока ($\sim$), линейное напряжение 10 кВ.

5. И без надписей все ясно, а надпись 10 кВ и три черточки лишние. Действительно, подстанция Б получает питание от шин подстанции А, значит род тока, число шин и напряжение на обеих подстанциях одинаковы.

6. Коммутационные аппараты можно изображать как угодно, смысл от этого не изменяется. Но в практических схемах стараются избежать разнобоя в расположении изображений.

7. Черная окружность обязательна. Именно она отличает изображение выключателя-разъединителя от обозначения просто разъединителя. Красная окружность не обязательна. Здесь она указывает, что допустимо изображать коммутационные аппараты тремя равноценными способами, а именно: без кружка в "условном шарнире", с кружком, и точкой (см. выше пояснения к рис. 2.27, б и в).

8. В изображении выключателя 41 красная окружность подчеркивает отсутствие самовозврата, что характерно для аппаратов с ручным приводом. Но при изображении выключателей 45 и 47 этой окружности нет, так как и без нее очевидно, что контакты выключателей самовозврата не имеют.

9. Число проводов (шин).

10. К предохранителю 48 подходят три провода (три фазы), а в линию № 8 уходят четыре провода: три фазных и нейтральный.

11. Линия № 7 воздушная. Если бы она была кабельной, то была бы изображена кабельная муфта — треугольник (см., например, изображение кабельной линии 16).

12. Две параллельные линии изображают механическую связь.

13. Три. На это указывают три черточки на изображении проводов, подходящих к изображению предохранителя.

14. Правильно. Точка — это присоединение одного провода к нейтральной шине N, а в том месте, где точки нет, этот же провод графически сливается (но не соединяется!) с тремя фазными проводами.

15. В нейтральный провод предохранителя вводить нельзя, поэтому показан обход: провода разветвляются — три из них проходят через предохранитель, а ниже предохранителя провода сливаются. Есть, однако, случаи, когда в нейтральный провод вводят нож выключателя. Это не противоречит правилам при соблюдении следующих двух условий: а) нейтральный и фазный провода отключаются одним и тем же многополюсным выключателем; б) нейтральный провод не используется в качестве зануляющего. Три полюса.

16. Надпись T2 — позиционное обозначение трансформатора.

17. Надпись указывает номинальные данные трансформатора: 100 кВ·А, высшее напряжение 10 кВ, низшее линейное напряжение 230 В, фазное 133 В (округлено до 130 В). Напряжения 230/133 В относятся к трансформатору без нагрузки. Напряжения 220/127 В, указанные у шин, — это номинальные напряжения сети и электроприемников, которые к ней присоединены. Следовательно, противоречий в надписях нет. Но правильнее было бы у трансформатора и у шин писать одно и то же. Указывать номинальные данные электрооборудования можно, если они не загромождают схему.

18. Обозначение 32 — это общее обозначение разрядника, которое применимо в любом случае, но ничего не говорит о типе разрядника.



Упражнение 2.23

На рис. 2.57 приведен фрагмент оперативной схемы подстанции. Схема отражает режим, принятый за нормальный. Изображения вы-

ключателей, которые в данном режиме отключены, зачернены.

Руководствуясь этой схемой, ответить на вопросы. 1. Не является ли нарушением стандарта изображение аппаратов в их рабочем положении? 2. Среди типов схем, перечисленных в стандарте, нет оперативной схемы. На каком же основании такая схема выполнена? 3. Почему в условиях упражнения подчеркнуто, что зачернены отключенные выключатели, но не обусловлено, как различить включенные и отключенные разъединители? 4. Какие трансформаторы и через какие системы шин питают линии № 1–5? 5. Соединены ли между собой обе системы шин? 6. Чем различаются схемы линий № 2 и 4? 7. Почему в схемах линий № 1–5 не показаны линейные разъединители?

Ответы

1. Стандарт допускает показывать аппараты в том положении, которое выбрано за рабочее, но это должно быть специально оговорено. Во всех остальных случаях изображения должны соответствовать исходному положению, т. е. при отсутствии напряжения на схеме и при отсутствии механических воздействий на приводы. Это правило, а именно изображение схемы в нерабочем положении, имеет глубокий смысл, в чем читатели убедятся, изучая приемы анализа схем.

2. Стандарт допускает выполнять любые дополнительные типы схем, если они нужны, чтобы сообщить необходимые сведения.

3. По изображению выключателя (квадрат) нельзя без дополнительной условности судить о том, включен он или отключен. Этой условностью в нашем случае является зачернение изображения отключенного выключателя. Положения разъединителей непосредственно видно.

4. Трансформатор $T1$ через систему шин I питает линии № 1 и 3 – включены выключатели $Q1$, $Q4$ и $Q6$ и "левые" по схеме шинные разъединители. Трансформатор $T2$ через систему шин II питает линию № 5 – включены выключатели $Q2$ и $Q8$ и "правые" по схеме разъединители.

5. Не соединены, так как выключатель $Q3$ отключен. Однако его схема "собрана" благодаря тому, что включены оба шинных разъединителя.

6. Схема линии № 2 "разобрана", так как оба шинных разъединителя отключены. Схема линии № 4 "собрана" на систему шин II . Выключатели $Q5$ и $Q7$ отключены.

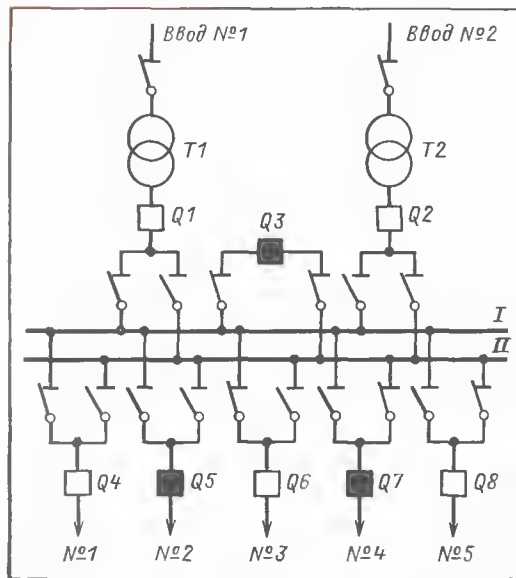


Рис. 2.57. Фрагмент оперативной схемы подстанции. К упражнению 2.23

7. Линии № 1–5 тупиковые; по ним на питающую подстанцию не может быть подано напряжение, следовательно, линейные разъединители не нужны.

2.12. Элементы цифровой техники

В предыдущих параграфах рассмотрены условные графические обозначения двигателей, трансформаторов, коммутационной аппаратуры, резисторов, конденсаторов и других устройств и изделий, хорошо знакомых читателям. Поэтому не было необходимости объяснять принцип действия и приводить сведения об их особенностях. В этом же параграфе читатели встретятся с бесконтактными логическими элементами цифровой техники, специфика которой для широкого круга электромонтеров и электротехников является новой. Это вынудило построить изложение несколько иначе, чем было в предыдущих

параграфах, а именно предварить рассмотрение условных графических обозначений (УГО) краткими пояснениями основных понятий и терминологии.

Основные сведения

Бесконтактные логические элементы первого поколения выполнялись из дискретных компонентов (т. е. из отдельных составных частей, например транзисторов и других изделий) с помощью навесного монтажа на платах с печатным монтажом. Смонтированная плата помещена в пластмассовый корпус и залита компаундом. В настоящее время в основном применяют твердотельные интегральные микросхемы (ИМС).

Но как бы ни были выполнены логические элементы, они строятся по модульному принципу.

Модуль представляет собой конструктивно и функционально (подробнее см. ниже) законченное изделие, что дает возможность набирать нужную схему из сочетания различных модулей, испытывать каждый модуль отдельно, заменять неисправный модуль исправным и т. д. Модули с логическими элементами подразделяются на ячейки, субблоки и блоки.

Ячейка — минимальный конструктивный модуль, т. е. плата с разъемом, на которой установлены ИМС и отдельные резисторы, конденсаторы и т. п.

Блок — основной конструктивно-функциональный модуль. Он представляет собой законченный функциональный узел, собранный на ячейках.

Логические элементы являются двоичными. Это значит, что в них используются входные (подаваемые на логический элемент) и выходные (снимаемые с логического элемента) сигналы только в двух крайних (предельных) состояниях. Иными словами, двоич-

ные логические элементы дискретны¹. Они выполняют (реализуют) только такие функции, при которых либо присутствует, либо отсутствует входной сигнал.

Наличие сигнала характеризуется состоянием "логическая единица" (в дальнейшем 1), а отсутствие сигнала — состоянием "логический нуль" (в дальнейшем 0). Заметим здесь же, что 1 и 0 это не числа, а обозначение состояний.

Вместо слова *сигнал* часто говорят *двоичная переменная*, а зависимость выходного сигнала от входного, т. е. зависимость соответствующих двоичных переменных, называют функциональной.

В алгебре логики (подробнее см. приложение 2) одно состояние принимается за истинное и обозначается 1, а другое состояние, ему противоположное, в этом случае является ложным и обозначается 0. Например, если "да" истинно (1), то нет ложно (0). Если контакт замкнут, истинно (1), то контакт разомкнут — ложно (0). Если ток проходит истинно (1), то отсутствие тока ложно (0). Если намагничено 1, то размагничено 0.

Заметим, что одно и то же состояние в одном случае может быть принято за истинное, а в другом его же принимают за ложное. Все зависит от того, какое в конкретном случае принято соглашение. Например, в соглашении положительной логики более положительное значение физической величины соответствует состоянию 1. А в соглашении отрицательной логики оно же соответствует состоянию 0.

Логические операции. Обозначение функций

Любая электрическая схема логична. Это значит, что она выполняет (реализует) необходимые

¹ От лат. *diskretus* — прерывистый, прерывный. Понятие дискретный противоположно понятию непрерывный.

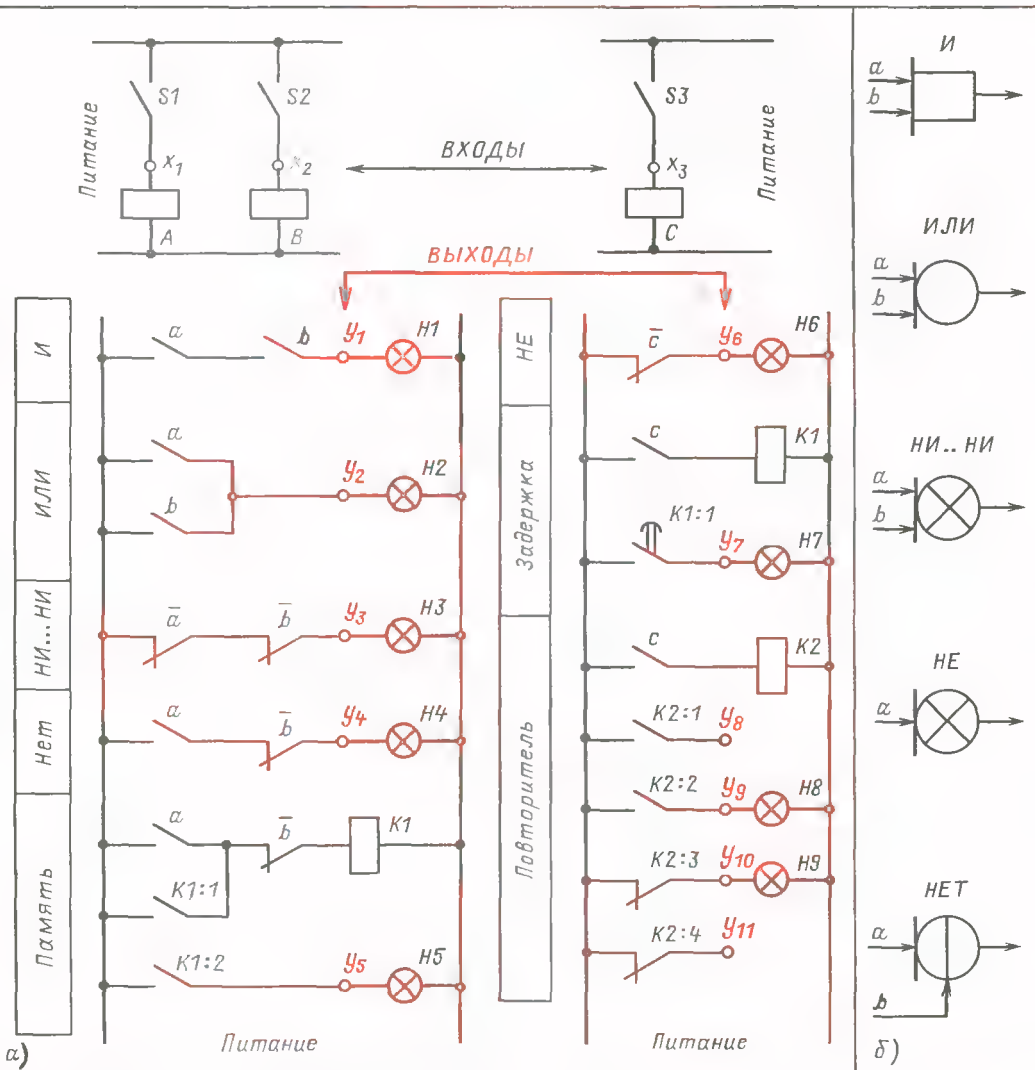


Рис 2.58. Примеры, иллюстрирующие содержание логических функций

операции (функционирует, действует) в точном соответствии с заданием. Если логика нарушится — схема либо откажет, либо будет работать неверно.

Логическая операция (функция) выражает зависимость выходных сигналов от входных. Элементарные логические схемы — элементы — реализуют основные логические операции И, ИЛИ, НЕ, а схема любой сложности представляет собой сочетание элементов. Подчеркнем, что одна и та же функция может осуществляться

различными техническими средствами, например контактными реле, полупроводниковыми приборами, магнитными усилителями и т. д. Речь, конечно, идет только о принципиальной возможности реализации функции, но не о свойствах, которые определяются возможностями и особенностями используемых средств. Например,

релейные схемы срабатывают относительно медленно, а полупроводниковые — безынерционны и т. д.

Количество входов и выходов вообще не ограничено. Но элементарной считается схема с одним выходом и любым числом входов.

Наиболее наглядны схемы, построенные на базе электромагнитных реле. Рассмотрим их, обратившись к рис. 2.58, а. На этом рисунке входы обозначены буквами $x_1 - x_3$; выходы — буквами $y_1 - y_{11}$. Катушки обозначены прописными (большими) буквами, а контакты теми же строчными (маленькими) буквами. Например, A — катушка, a и a — контакты. З а м е т ь т е: у замыкающих контактов буквы без черточек, у размыкающих — с черточками $\bar{a}$, $\bar{b}$, $\bar{c}$. Черточка — это знак инверсии (отрицания). Он указывает на то, что состояние размыкающего контакта всегда противоположно состоянию замыкающего. Иными словами, если замыкающий контакт замкнут, то размыкающий разомкнут. И наоборот: если размыкающий — замкнут, то замыкающий разомкнут. Сигналы воспринимаются лампами $H1 - H9$. Чтобы подать сигнал на вход схемы, надо включить катушки соответствующих реле с помощью выключателей $S1 - S3$. Теперь можно не отвлекаясь рассматривать схемы логических операций, т. е. таких операций, которые реализуют логические функции.

Схема И. Чтобы включить лампу $H1$, надо подать питание на выход y_1 , т. е. в цепи лампы замкнуть и контакт a и контакт b . Следовательно, надо подать питание на оба входа x_1 и x_2 , т. е. включить $S1$ и $S2$. Схему И называют также схемой совпадения. В алгебре логики (см. приложение 2) операция И называется конъюнкцией, а бесконтактный логический элемент, реализующий функцию И, — конъюнктором. Пример дан ниже на рис. 2.61, а.

Схема ИЛИ. Чтобы включить лампу $H2$, надо подать питание на выход y_2 . Для этого достаточно замкнуть или контакт a , или контакт b , или оба контакта. Следовательно, для включения лампы нужно подать питание или на вход x_1 , или на вход x_2 . Схему ИЛИ называют также комбинационной схемой. В алгебре логики операция ИЛИ называется дизъюнкцией, а бесконтактный логический элемент, реализующий функцию ИЛИ, — дизъюнктором, см. рис. 2.61, в.

Схема НИ...НИ. Чтобы на выходе y_3 было напряжение, нужно не подавать питание ни на вход x_1 , ни на вход x_2 , т. е. нужно не включать ни $S1$, ни $S2$.

Схема НЕТ. Напряжение на выходе y_4 будет

лишь в том случае, если питание подано только на вход x_1 , но не подано на вход x_2 . Если же нужно исключить включение лампы $H4$, то питание подают на вход x_2 . В результате на выходе y_4 напряжения не будет независимо от того, есть ли оно на входе x_1 . Схему НЕТ называют также схемой запрета.

Схема память. При включении $S1$ (сигнал подан на вход x_1) срабатывает и самоблокируется через собственный контакт $K1:1$ реле $K1$. Его контакт $K1:2$ подает питание на выход y_5 . Выключатель $S1$ можно разомкнуть. Однако лампа $H5$ останется включенной. Она как бы "запомнит" свое состояние. Чтобы погасить лампу, достаточно подать питание на вход x_2 . При этом реле B сработает, разомкнет контакт в цепи реле $K1$, реле $K1$ возвратится и более не включится до следующей подачи питания на вход x_1 . Лампа погаснет.

Схема НЕ. Пока на вход x_3 питание не подано, реле C отпущено, лампа $H6$ горит, так как на выходе y_6 есть напряжение. Если подать питание на вход x_3 (т. е. включить $S3$) — лампа $H6$ погаснет. Схему НЕ называют также схемой отрицания или схемой инверсии. Бесконтактный логический элемент, реализующий функцию НЕ, называют инвертором (см. рис. 2.61, б).

Схема задержки. При подаче напряжения на вход x_3 включается реле времени $K1$, которое спустя некоторое время, т. е. с задержкой, подает питание на выход y_7 : лампа $H7$ включается. Бесконтактные логические элементы, реализующие задержку, показаны на рис. 2.61, д и е.

Схема повторителя. При подаче питания на вход x_3 срабатывает реле C и включает реле $K2$, которое как бы повторяет состояние реле C . Через контакты повторителя сигналы поступают на выходы $y_8 - y_{11}$ (в нашем примере): лампа $H8$ включается, лампа $H9$ гаснет. Обратите внимание: релейный повторитель может выполнять функции: а) размножителя контактов (в нашем примере у реле C один контакт, а у его повторителя $K2$ — четыре); б) инвертора (контакты $K2:3$ и $K2:4$); в) усилителя. Так, например, контакт реле C рассчитан на весьма ограниченный ток, например на 0,1 А, а контакты реле $K2$ могут коммутировать значительно большие токи, например 10 А. Бесконтактный логический элемент — повторитель показан на рис. 2.61, а.

Важное замечание. В этой книге рассматриваются предусмотренные ЕСКД УГО элементы для схем цифровой техники. Но логические элементы, независимо от того, какими средствами они реализуют свои функции, часто

изображают символами, не входящими в ЕСКД. Примеры приведены на рис. 2.58,б, где слева — входы, справа — выходы.

Обозначения функций или их совокупности, как выяснится из дальнейшего, записывают в первую строку условного графического обозначения (примеры см. на рис. 2.61). Эти обозначения образуются из прописных (больших) букв латинского алфавита, арабских цифр и специальных знаков.

Обозначения, а они весьма многочисленны, приведены в ГОСТ 2.743–82. Приведем несколько примеров.

Логическое И	& или И
Логическое ИЛИ	≥ 1 , допускается 1
Шифратор	$\supset D$
Дешифратор	$\supset C$
Повторитель	1
Сравнение	$- =$
Генератор серии прямоугольных импульсов	Gn
Генератор одиночного импульса (одновибратор)	GI или $\neg$
Пороговый элемент	$\prod$ или TH
Триггер	T
Триггер двухступенчатый	TT
Задержка	$\dashv$ или DL
Усилитель	$\triangleright$ или $>$
Усилитель с повышенной нагрузочной способностью (усилитель мощности)	$\triangleright \triangleright$ или $>>$
Функции элементов, не выполняющие функции алгебры логики, но применяемые в логических цепях, тоже обозначают буквами, но перед ними ставят звездочку. Например:	
Стабилизатор	*ST
Набор резисторов	*R
Набор диодов	*D
Набор индикаторов	*H

Перейдем к рассмотрению системы построения УГО

Система построения условных графических обозначений бесконтактных логических элементов

Как было объяснено выше, бесконтактный логический элемент — изделие неремонтоспособное. Его внутреннее устройство недоступно; доступны только выводы.

Именно эти особенности изделий определяют систему построения условных графических обозначений. В общих чертах она сводится к следующему. Условное графическое обозначение изделия любой сложности имеет форму прямоугольника. К нему слева и справа (или, при другой ориентации, сверху и снизу) подходят линии выводов. В прямоугольник вписывают необходимую в каждом конкретном случае информацию, составленную из прописных латинских букв, арабских цифр и специальных знаков.

Размеры УГО определяются количеством линий выводов, количеством и размерами надписей, одним словом, особенностями изображаемого изделия.

Рассмотрим эти вопросы подробнее.

Основное и дополнительные поля УГО. На рис. 2.59,а сверху показан наиболее простой случай, когда УГО имеет только одно основное поле II, к которому слева подведена линия (линии) входа I, а справа линия (линии) выхода III. Ниже изображены УГО с левым дополнительным полем IV, с правым дополнительным полем V, с двумя дополнительными полями IV и V и основным полем II. Дополнительные поля могут быть разделены горизонтальными линиями на зоны. В нашем примере левое поле имеет три, а правое — две зоны VI.

Забегая немного вперед, сошлемся на рис. 2.61, где даны примеры УГО, состоящих только из основного поля (рис. 2.61,а–г), с правым дополнительным полем (рис. 2.61,д), с левым дополнительным полем (рис. 2.61,е), с двумя дополнительными полями, причем левое поле разделено на две зоны (рис. 2.61,и).

Свойства выводов. Выходы элементов подразделяют на статические и динамические, а их, в свою очередь, на прямые и инверсные.

На статическом входе (выходе) двоичная переменная воспринимается (вы-

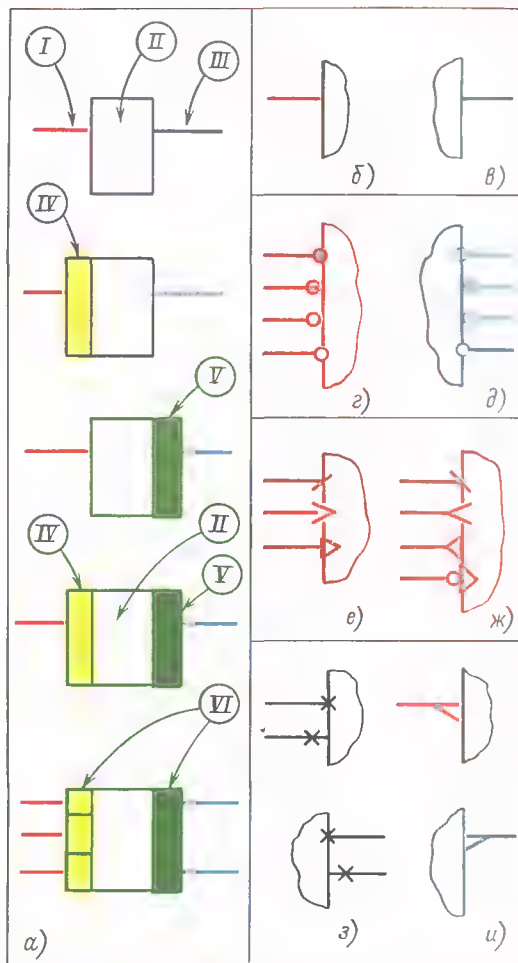


Рис. 2.59. Система построения УГО двоичных бесконтактных логических элементов. Обозначения полей и выводов

рабатывается) во все время, пока сигнал находится в одном определенном состоянии, а на динамическом только в те промежутки времени, когда состояние сигнала изменяется.

На прямом входе (выходе) двоичная переменная имеет значение 1, когда сигнал на этом входе (выходе) находится

в состоянии, принятом за "единичное". На инверсном входе (выходе) двоичная переменная имеет значение 1, когда сигнал на этом входе (выходе) находится в состоянии, принятом за "нулевое".

Графически свойства выводов обозначают указателями. Прямой статический вход показан на рис. 2.59,б, а прямой статический выход — на рис. 2.59,в.

Инверсный статический вход (рис. 2.59,г) и выход (рис. 2.59,д) изображают несколькими способами. Любой из них правилен, но в одной и той же схеме пользуются каким-нибудь одним из них.

Прямой динамический вход изображают любым из способов, которые показаны на рис. 2.59,е, а инверсный — на рис. 2.59,ж.

К элементам цифровой техники условно относят также элементы, не выполняющие логических функций, но применяемые в логических цепях. К таким нелогическим элементам относятся усилители, стабилизаторы, наборы конденсаторов, транзисторов и т. п. Если нужно подчеркнуть, что ввод не несет логической информации, то используют обозначения, приведенные на рис. 2.59,з. Любое из них правильно.

Предупреждения. 1. Если вывод явно не несет логической информации, например является выводом для электропитания, то крестик на нем не ставят, так как и без него все ясно. 2. Если в верхней строке основного поля УГО перед буквой, обозначающей функцию (подробнее см. ниже), есть звездочка, то крестики на выводах не ставят, ибо звездочка указывает на то, что элемент нелогический. Например, буква *T* без звездочки — это обозначение логического элемента — триггера. Но та же буква, если перед ней есть звездочка **T*, элемент нелогический, в данном примере — набор транзисторов.

Обратите внимание: звездочка стоит перед буквой, т. е. слева. Если же звездочка расположена в верхнем

в правом углу УГО, то она имеет совсем иной смысл: подчеркивает, что изображен не просто логический элемент, а функциональная схема, состоящая из нескольких элементов.

Для указания соответствия между логическими уровнями и логическими состояниями иногда вместо указателя инверсии (кружок) используют указатели полярности (рис. 2.59, и). На этом рисунке сверху показан вход, а снизу выход, для случая, когда состоянию 1 соответствует менее положительный уровень.

Функциональное назначение выводов обозначают при помощи меток, проставляемых в дополнительных полях УГО. Метку образуют из прописных латинских букв, арабских цифр и специальных знаков. В качестве меток применяют также обозначения функций, порядковые номера, весовые коэффициенты разрядов. О весовых коэффициентах см. в приложении 2 — пояснения свойств двоичного счисления.

Рассмотрим несколько примеров, обратившись к рис. 2.60, а–в. На них показаны группы из четырех равнозначных выводов, но с разными метками. Общая метка & на рис. 2.60, а указывает на то, что выводы объединены по И. Общая метка R на рис. 2.60, б обозначает, что каждый из выводов сбрасывает элемент, т. е. возвращает его в исходное положение. Более сложная метка &R на рис. 2.60, в обозначает, что выводы объединены по И (&) и выполняют функцию сброса элемента (R).

З а м е т ь т е: а) логически равнозначные выводы взаимозаменяемы, так как функция элемента при их замене не изменяется; б) при изображении равнозначных выводов расстояние между ними одинаково; в) если элемент имеет несколько групп выводов, то группу от группы отделяют либо большим интервалом, либо горизонтальными линиями, разделяющими поле на зоны; г) общую метку проставляют на уровне первого в группе вывода.

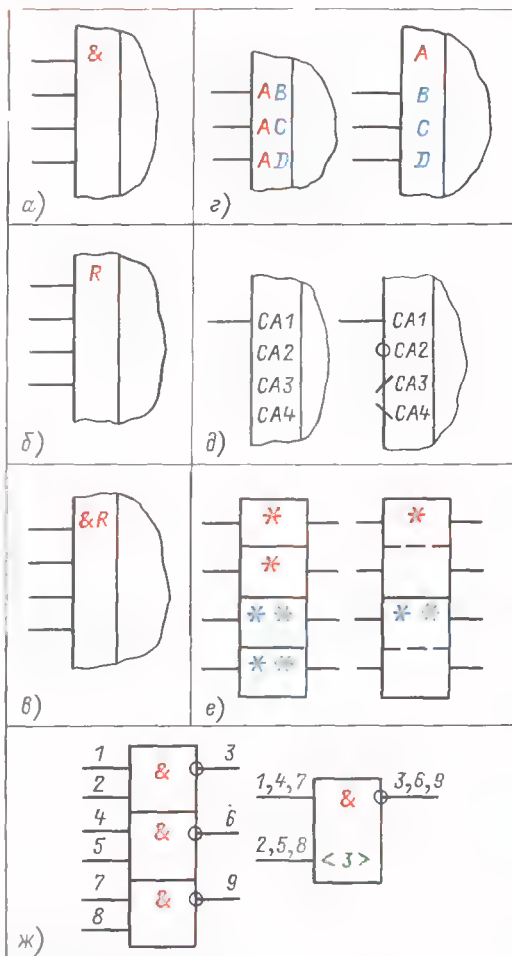


Рис. 2.60. Метки выводов (а–д). Сокращенные обозначения групп выводов (е, ж)

На рис. 2.60, г слева показаны три вывода с метками AB, AC и AD. Они содержат общую часть A, которая отражает общую функцию всех трех выводов. Эта общая метка — групповая метка A — на рисунке справа расположена над группой меток, к которым она относится.

На рис. 2.60, д слева показан вывод, имеющий несколько функциональных назначений, обозначенных метками CA1–CA4.

Метки, относящиеся к данному выводу, расположены в последующих строках.

Более сложный случай иллюстрирует рис. 2.60,д (справа). Здесь каждой метке поставлен в соответствие указатель, определяющий условия выполнения функции, обозначенной меткой. Так, на рисунке изображен вывод, в котором сигнал состоянием 1 выполняет функцию $CA1$, состоянием 0 — функцию $CA2$, переходом из состояния 0 в состояние 1 — функцию $CA3$, переходом из состояния 1 в состояние 0 — функцию $CA4$. Если возвратиться к рис. 2.59, то нетрудно видеть, что этот вывод выступает в роли входов статических прямого ($CA1$) и инверсного ($CA2$), а также динамических прямого ($CA3$) и инверсного ($CA4$).

Сокращенное обозначение групп УГО иллюстрирует рис. 2.60,е и ж. На рис. 2.60,е слева совмещенно изображены четыре УГО, причем два верхних содержат одну, одинаковую информацию, условно обозначенную красными крестиками; нижние УГО содержат другую, но тоже одинаковую информацию, условно обозначенную двумя синими крестиками. В таких случаях количество надписей можно уменьшить так, как показано на рисунке справа.

Обратите внимание: УГО с одинаковой информацией разделены штриховой, а УГО с различной информацией сплошной линиями.

Пакетный способ сжатия информации поясняет рис. 2.60,ж. Слева на нем совмещенно изображены три однотипных элемента, каждый из которых в нашем примере реализует функцию $\&$. Особенность этих элементов состоит в том, что входные сигналы 1–2 (4–5), [7–8] и выходные сигналы 3 (6), [9] соответственно однотипны. Кроме того, в каждом элементе они повторяются в одном и том же порядке. Именно эти особенности дают возможность все элементы сжать в пакет, как показано на рисунке справа. В нем один,

верхний, вывод объединяет три статических входа 1, 4 и 7 трех элементов; вывод под ним — входы 2, 5 и 8. Выводы 3, 6 и 9 — это инверсные статические выходы. Знак $\&$ обозначает функцию, а надпись $<3>$ указывает, что в пакет сжаты три элемента.

Примеры обозначений логических элементов даны на рис. 2.61. Здесь двоичные переменные условно обозначены буквами x (входы) и y (выходы), а действие элементов поясняют либо таблицы истинности (рис. 2.61,а–г), либо временные диаграммы (рис. 2.61,д–з). В основных полях помещены обозначения функций

1, $\&$, $\neg$, $\rightarrow$, $\rightarrow$, $\rightarrow$, $G1$, $\rightarrow$, DC

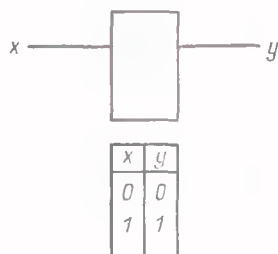
Докажем, что на рис. 2.61,а показан повторитель. Для этого обратимся к таблице истинности, из которой следует, что состояния x и y при любых условиях одинаковы. Действительно, если $x0$, то и $y0$; если $x1$, то и $y1$. Таким образом, y всегда повторяет состояние x . Отсюда и название — повторитель.

На рис. 2.61,б показан инвертор, так как состояние y всегда обратно состоянию x . Иными словами, если $x0$, то $y1$; если $x1$, то $y0$. Иногда инвертор называют обратным повторителем, но этот термин устарел.

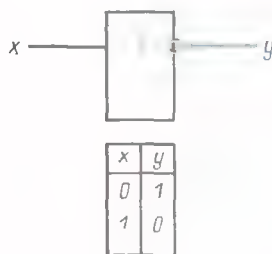
На рис. 2.61,в показан логический элемент с двумя входами x_1 и x_2 и с одним выходом y . Как следует из таблицы истинности, значение 1 двоичная переменная принимает, если: 1 или на входе x_2 (вторая строка таблицы), или на входе x_1 (третья строка таблицы), или на обоих входах. Следовательно, это логический элемент **ИЛИ**, называемый также **дизъюнктом**.

Логический элемент **И** (конъюнктор) изображен на рис. 2.61,г. Состояние 1 на выходе y возникает только при условии, что состояние 1 имеет место и на входе x_1 и на входе x_2 одновременно (см. четвертую строку таблицы).

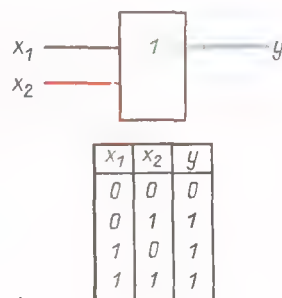
Элемент задержки с одним входом x и двумя выходами y_1 и y_2 иллюстрирует рис. 2.61,д. Действие элемента поясняет временная диаграмма. Из нее следует, что сигнал на выходе y_1 возникает спустя время t_1 , после появления сигнала на входе x , а сигнал на выходе y_2 — спустя время t_2 . **Обратите внимание:** в правом дополнительном поле написаны числовые значения задержки 2 и 5 с. Но вместо числовых значений могут быть указаны отно-



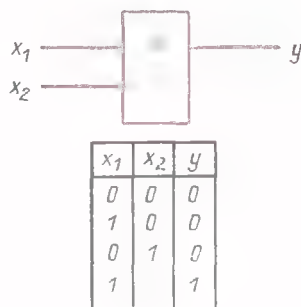
а)



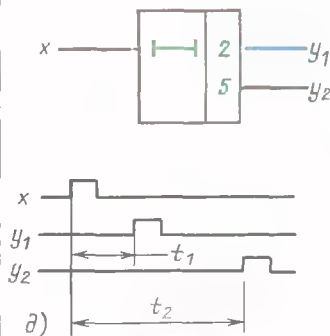
б)



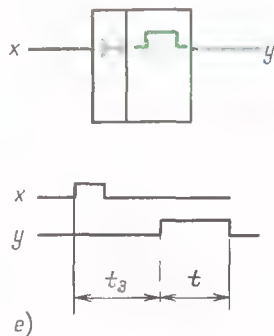
в)



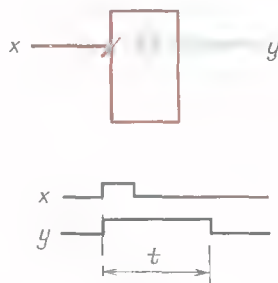
г)



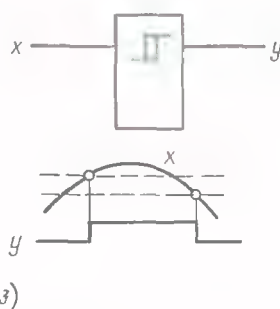
д)



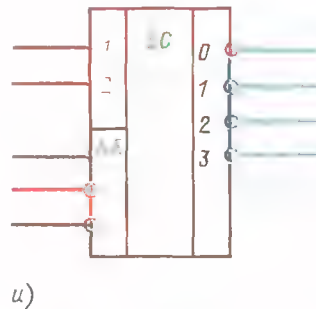
е)



ж)



з)



и)

Рис. 2.61. Примеры УГО

сительные коэффициенты (в нашем примере 1 и 2,5) или же произвольные метки.

Два моностабильных элемента — генераторы одиночного импульса (одно-вибраторы) показаны на рис. 2.61,е и ж, но они неодинаковы. На рис. 2.61,е вход x статический и задержка осуществляется на нем, на что указывает знак задержки в левом дополнительном поле. Кроме того, функция обозначена знаком, а не буквой. Продолжи-

тельности задержки t_3 и импульса t показаны на временной диаграмме.

У элемента на рис. 2.61,ж вход x динамический, о чем свидетельствует указатель в виде наклонной черточки. Функция обозначена не знаком, а буквой с цифрой (G1). Продолжительность импульса t . Заметьте: функции на

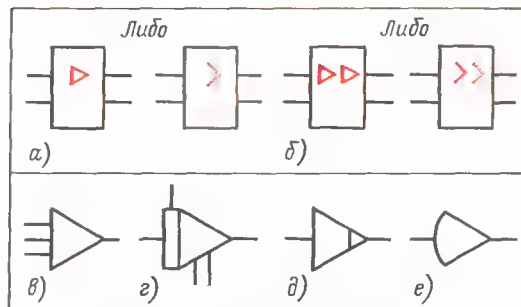


Рис. 2.62. УГО усилителей

рис. 2.61,е и ж обозначены различно, но оба обозначения правильны.

Пороговый элемент показан на рис. 2.61,з. Изменения двоичной переменной x представлены графиком. На нем отмечены два значения (два порога), между которыми существует сигнал y .

Рассмотрим еще одно обозначение, содержащее основное и два дополнительных поля, причем одно из них разделено на зоны (рис. 2.61,и). Это дешифратор (DC) с управлением [нижняя зона левого поля с меткой

($\&E$)], преобразующий два разряда двоичного кода (метки 1 и 2 в верхней зоне левого поля) в четыре разряда позиционного кода (метки 0–3 в правом поле).

Усилители в общем случае обозначают так, как показано на рис. 2.62,а, а усилители с повышенной нагрузочной способностью — усилители мощности, как на рис. 2.62,б. Число выводов определяется конкретными условиями. Обозначения функций $\triangleright$ и $>$ равнозначны и общеприняты.

Однако обозначений, приведенных на рис. 2.62,а и б, не всегда достаточно. Например, в аналоговых аналого-цифровых вычислительных машинах необходима конкретизация. В этих случаях применяют обозначения: усилитель суммирующий — рис. 2.62,в; интегрирующий — рис. 2.62,г; дифференцирующий — рис. 2.62,д; операционный — рис. 2.62,е. Обозначения рис. 2.62,в–е в ЕСКД не входят

Обозначения условные графические для рабочих чертежей

3.1. Обозначения для схем соединений (монтажных схем) щитов и пультов

Рабочие чертежи — схемы, по которым монтируют щиты, пульты и другие электроконструкции, в книге не рассматриваются. Дело в том, что ГОСТ устанавливает типы схем (см. гл. 1) и общие требования к их выполнению. А детализация способов выполнения схем конкретизируется отраслевыми нормативными документами, которые в разных отраслях не совсем одинаковы.

Тем не менее, несмотря на возможные различия, во всех без исключения случаях любая отрасль использует стандартные условные обозначения (см. гл. 2). Однако их применение в монтажных схемах имеет особенности. Рассмотрим их на типичных примерах.

1. Элемент состоит из нескольких частей. Например, реле (рис. 3.1,а) — из нескольких контактов и катушки; трансформатор для питания цепей управления — из обмоток и магнитопровода (рис. 3.1,б); командный прибор для программного управления несколькими механизмами — из спускового электромагнита Y , двигателя M , конечного выключателя SQ , контакта самоблокировки $SI:1$ и шести импульсных контактов $SI:2-SI:7$ (рис. 3.1,в). В таких

случаях все части одного аппарата изображают в непосредственной близости и обводят прямоугольным контуром.

2. Группа однотипных изделий, например предохранителей FU , смонтирована на общей плате. Их заключают в прямоугольный контур (рис. 3.1,г).

3. Группа диодов VD присоединена к двум платам с зажимами для внешних присоединений. В таких случаях изображают эти платы, а между ними показывают диоды VD (рис. 3.1,д). Выводы на платах обозначают цифрами, буквами или их сочетанием, т. е. так, как установлено отраслевой нормативной документацией.

4. Изображение многопозиционного переключателя приведено на рис. 3.2,а. З а м е т ь т е: нужно показывать, с какой стороны расположена рукоятка управления.

5. Одиночные изделия, например предохранители (рис. 3.2,б), а также многополюсные переключатели, если между контактами изображена механическая связь (две параллельные линии), в контур заключать незачем (рис. 3.2,в). Иногда показывают просто монтажную сторону выключателя (рис. 3.2,г) с обозначениями выводов ($L1, L2, \dots, L31$).

6. Ряды зажимов (рис. 3.2,д) можно изображать более подробно (сверху) или менее подробно (снизу). Красные цифры 1–8 — это порядковые номера зажи-

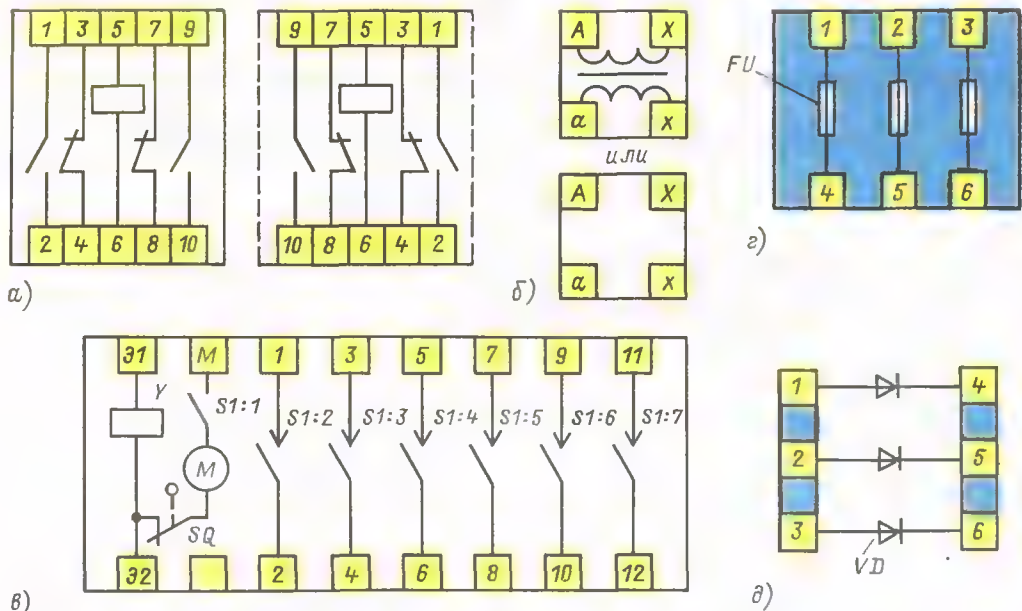


Рис. 3.1. Обозначения аппаратов и приборов на рабочих чертежах электроконструкций

мов, а синие — обозначения (маркировка) участков цепей. Крестами обозначены маркировочные колодки — они скрепляют группу зажимов, расположенных между ними. Между зажимами 4 и 6 показана перемычка. Она соединяет только зажимы 4 и 6 (точки), но с зажимом 5 не соединена (нет точки).

7. Разъемы изображают либо так, как на рис. 3.2,е, где сверху гнездовая, а снизу штыревая части разъема, либо как на рис. 3.2,ж. За м е т ь т е: провода к частям разъема подходят только с одной стороны; в нашем примере сверху — к гнездовой части и снизу — к штыревой.

Если разъем, которым заканчивается изделие, условно обозначенное А, изображают, как на рис. 3.2,ж, то необходима табличка с поясняющими надписями. В ней перечислены номера контактов (1–5) и да-

ны обозначения (марки) жил — синие цифры.

Общие выводы, следующие из рассмотрения рис. 3.1 и 3.2, сводятся к следующему.

1. Все части изделия изображают в непосредственной близости и, как правило, заключают в рамку (контур).

2. Контур может быть либо сплошным (рис. 3.1,а слева), либо штриховым (рис. 3.1,а справа), что точно соответствует общим правилам черчения. Действительно, если провода проложены по той же стороне панели, на которой установлены аппараты (аппараты переднего присоединения), то контур сплошной. Если аппараты имеют заднее присоединение, т. е. установлены на лицевой стороне панели, а провода проложены сзади, то контур аппарата невидим и его изображают штриховой линией.

3. Части аппаратов (катушки, контакты и т. п.), а также провода в любом случае показывают только сплошными линиями.

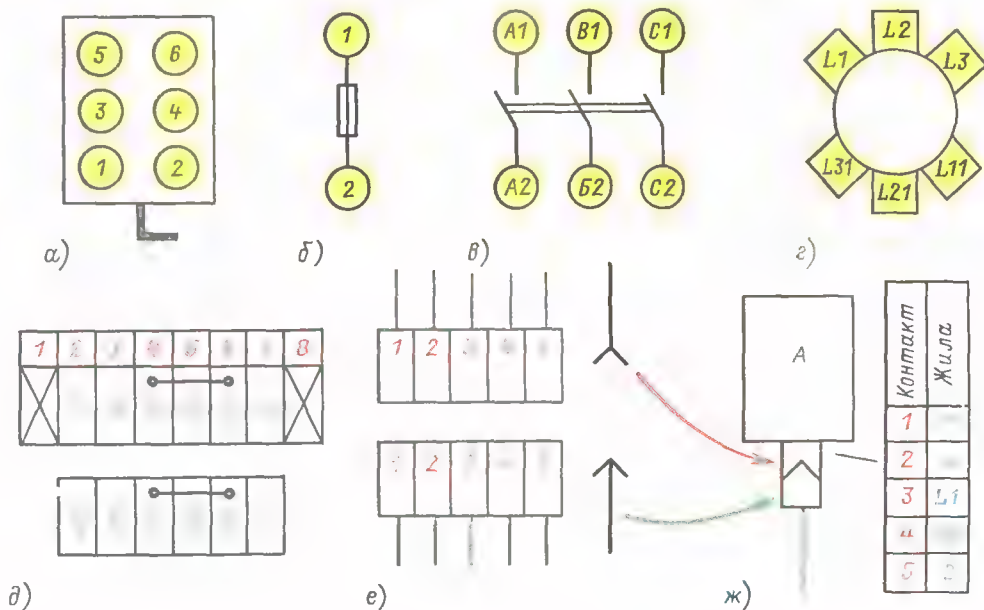


Рис. 3.2. Обозначения аппаратов и приборов на рабочих чертежах электроконструкций

4. Выводы для присоединения проводов могут быть изображены квадратами (например, рис. 3.1 и рис. 3.2,з), кружками (рис. 3.2,а–в) или как-нибудь иначе, но в любом случае они должны быть обозначены буквами, цифрами, сочетанием букв и цифр и т. п.

3.2. Обозначения электрооборудования, аппаратов и приборов на планах

Сразу же подчеркнем, что обозначения, установленные ГОСТ 2.754–72*, значительно упростились по сравнению с обозначениями по отмененному с введением ЕСКД ГОСТ 7621–55. Однако поскольку старые обозначения, которые были конкретнее и их было значительно больше — широко распространены в исполнительной документации, они также приве-

дены в книге, но обведены волнистой линией.

Кроме ГОСТ 2.754–72*, который с 1987 г. отменен, проектные организации пользуются временными строительными нормами (ВСН), содержащими дополнительные обозначения, не предусмотренные стандартами ЕСКД, а также обозначениями, предусмотренными Системой проектной документации для строительства (СПДС) (см. § 1.3). В книге дополнительные обозначения не рассматриваются. Но, поскольку они не предусмотрены ГОСТ, их значение должно быть объяснено, как того требуют правила выполнения схем.

Общее обозначение электрического устройства 1 показано на рис. 3.3. Его вид и тип определяют либо по номеру позиции, приведенному в спецификации, либо по

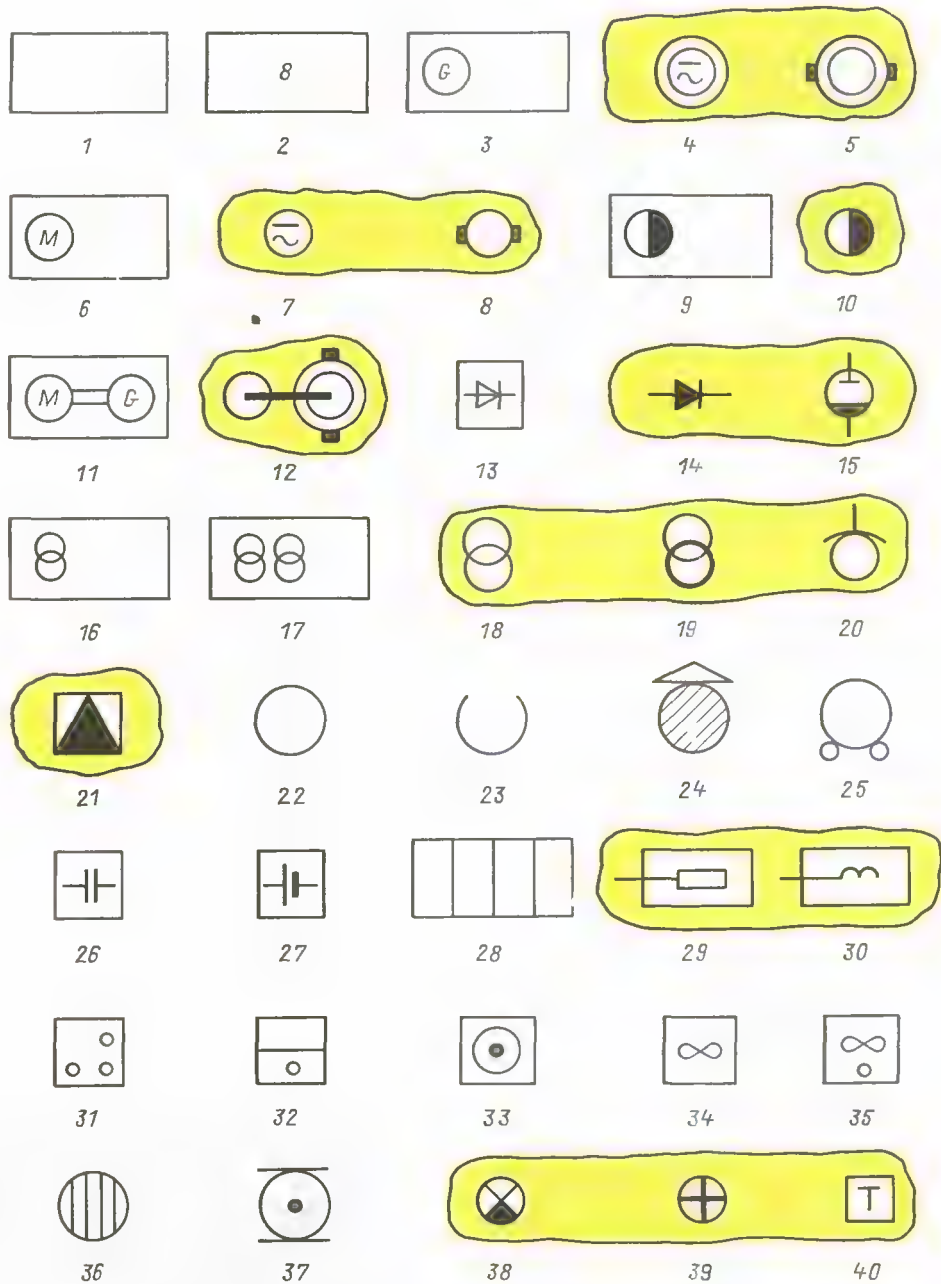


Рис. 3.3. Обозначения на планах электрооборудования и электроприемников

ссылке на пояснения на плане. Так, например, в обозначение 2 вписана цифра 8. Это номер позиции в спецификации к техническому плану. Если под этим номером в спецификации значится однокорневой преобразователь — следовательно, изображен именно он. Если под номером 8 значится сварочный агрегат, то это — сварочный агрегат.

Устройство с генератором. Общее обозначение 3, синхронный генератор 4, генератор постоянного тока 5.

Устройство с электродвигателем. Общее обозначение 6, синхронный двигатель 7, двигатель постоянного тока 8. Устройство с многодвигательным приводом 9 и 10.

Двигатель-генератор. Обозначения 11 и 12.

Выпрямитель. Общее обозначение 13, полупроводниковый 14, ртутный 15.

Устройство с трансформатором (автотрансформатором). Общее обозначение 16. Устройство с двумя трансформаторами 17; трансформатор 18; трансформатор комплектно с предохранителями и выключателем 19; автотрансформатор 20.

Трансформаторные подстанции. Старое обозначение 21. Новые обозначения: 22 — общее; 23 — открытая подстанция; 24 — закрытая; 25 — передвижная. Заметим здесь же, что обозначения 22–25 предназначены для применения в схемах электропитания или на картах местности. Кроме того, если нужно подчеркнуть различие между проектируемыми и действующими подстанциями, то изображение действующей подстанции штрихуют. Следовательно, 24 — это закрытая действующая подстанция. Если же не требуется различать действующие подстанции от проектируемых, то штриховка не нужна.

Батарея конденсаторная 26.

Батарея аккумуляторная или гальваническая 27.

Электроприемники разные: 28 — устройство электронагревательное, общее обозна-

чение; 29 — печь сопротивления; 30 — индукционная печь; 31 — плита электрическая; 32 — холодильник электрический; 33 — стиральная машина; 34 — вентилятор; 35 — сушилка; 36 — водонагреватель электрический; 37 — посудомоечная машина; 38 — электромагнит пневматического или гидравлического вентиля; 39 — магнитный сепаратор; 40 — тормозной электромагнит.

Электроконструкции (рис. 3.4). Общее обозначение 1 щита, пульта, ящика, шкафа с аппаратурой (коммутационной, управления и т. п.). Если щит (пульт) состоит из нескольких панелей, то применяют обозначение 6. Для указания стороны обслуживания используют обозначение 2 (обслуживание с одной стороны) или 7 — двустороннее обслуживание. Щит, пункт распределительный, например с одним вводом и пятью выводами, обозначают по 3. Отмеченные, но еще распространенные обозначения — 8 и 13.

Коробки, ящики, штепсельные соединения. Коробка ответительная 4 и 9. Окружность допускается опускать. Значит, 4 и 5 обозначают одно и то же. Коробка ввода 10, коробка, ящик без зажимов 14, с зажимами 15. Общее обозначение разъемного (штепсельного) соединения 11 и 16, а соединения с защитным контактом четырехполюсные (пример) 12 и 17.

Ящики с электроаппаратурой. Ящики: вводной 18, с рубильником 19, с рубильником и предохранителями 20, с предохранителями 21, с автоматическим выключателем 22, с переключателем 23. Пусковой ящик высокого напряжения 25.

Коммутационная аппаратура. Общие обозначения устройства пускового для электродвигателей (без конкретизации) 26, контактора 27, контактора трехполюсного 28, пускателя 24, контакторного переключателя со звезды на треугольник 29.

Выключатели. Общее обозначение 31. Трехполюсный выключатель 32 (число чер-

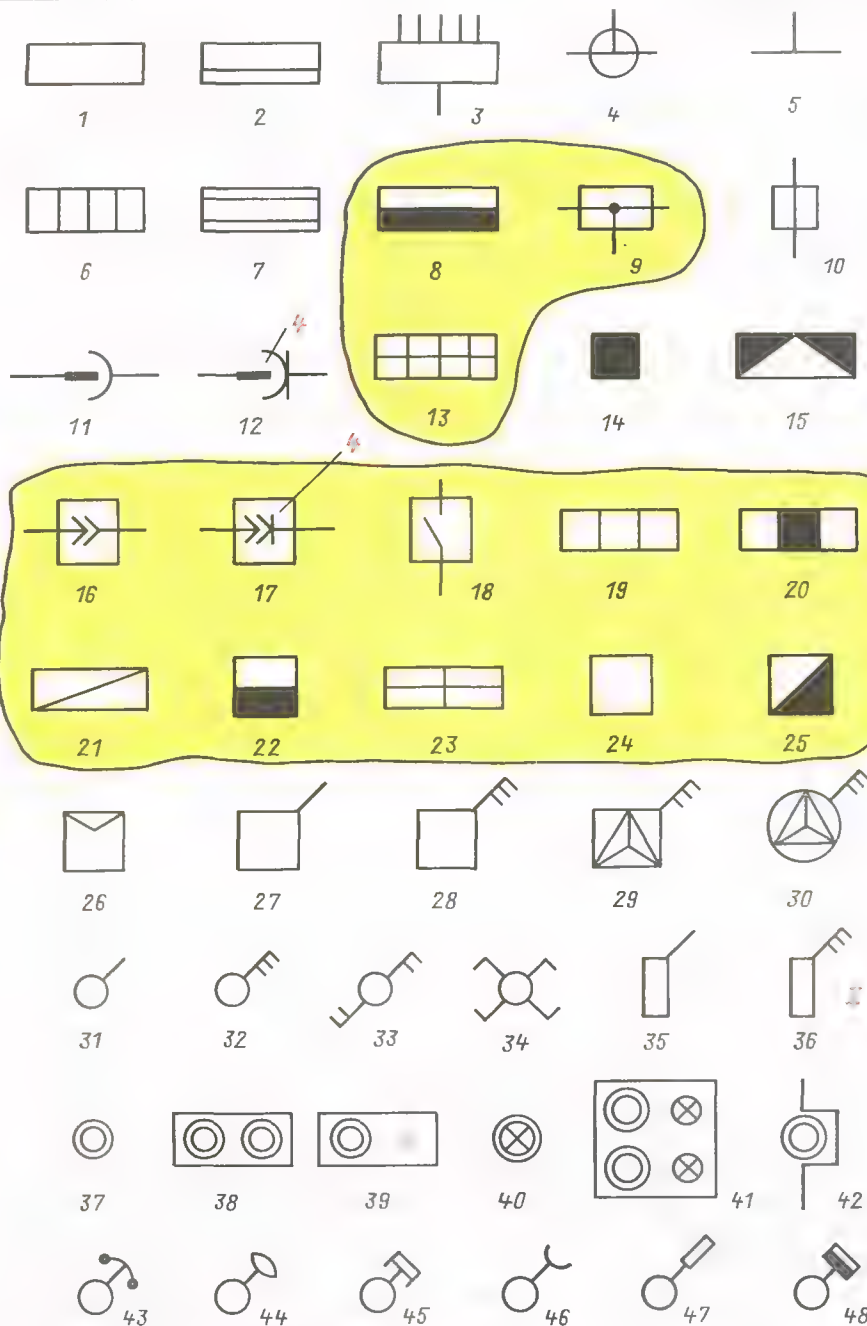


Рис. 3.4. Обозначения электроконструкций, коробок, разъемов, выключателей и переключателей на планах

точек равно числу полюсов). Обозначения выключателей для планов расположения электрического освещения приведены на рис. 3.5.

Выключатели **з а щ и т н ы е**: общее обозначение 35, трехполюсный (три черточки) максимального тока ($I >$) 36.

Кнопочные выключатели. Общее обозначение 37, а со встроенной сигнальной лампой 40. Пост кнопочный на два кнопочных выключателя 38, на пять — 39. Здесь цифра 5 указывает на их число. Иногда в кнопочных постах кроме кнопочных выключателей имеются сигнальные лампы. Например, 41 — это пост на два выключателя с двумя отдельными сигнальными лампами. Выключатель кнопочный с **о г р а н и ч е н н ы м** доступом 42.

Выключатели с различными приводами: 43 — выключатель с центробежным приводом; 44 — поплавковый; 45 — пневматический; 46 — с установкой времени; 47 — с электромагнитным приводом; 48 — температурный. В рассмотренных примерах к общему обозначению выключателя 31 графически присоединено обозначение соответствующего привода (см. рис. 1.11).

Переключатели. Переключатель на два направления, например двухполюсный (две черточки), 33; переключатель для изменения направления тока 34; для переключения со звезды на треугольник 30.

3.3. Обозначения

электрооборудования и аппаратуры электроосвещения на планах

В этом параграфе рассматриваются обозначения, применяемые на планах расположения электрического оборудования осветительных электроустановок, а именно обозначения электроконструкций, электроустановочных устройств (выключателей, переключателей, штепсельных розеток) и све-

тильников. Заметим, что электроустановочных устройств — термин новый. Раньше их называли электроустановочными изделиями; именно так они значатся в магазинах и преysкурантах. Обратим внимание на то, что некоторые из этих обозначений несколько раз изменялись и в настоящее время опубликованы не только в ГОСТ 2.754—72*, но и в дополнении к нему, которое включено в ГОСТ 21.608—84 в качестве обязательного приложения. ГОСТ 21.608—84 входит в систему проектной документации для строительства (СПДС).

Электроконструкции и аппаратура (рис. 3.5): щит, пункт распределительный, например с одним вводом и пятью выводами, 1, щиток группового рабочего освещения 2, щиток группового аварийного освещения 3, шкаф, ящик управления 6, автоматический выключатель 5, пускатель магнитный 10, кнопка управления 11, звонок 4, трансформатор понижающий малой мощности 12.

Патроны: стенной 7, подвесной 8, потолочный 9.

Штепсельные розетки со степенью защиты IP20—IP23 для открытой установки: двухполюсная 13, двухполюсная сдвоенная 14 (46 — эскиз), двухполюсная с защитным контактом 15, трехполюсная с защитным контактом 16. О степенях защиты см. в § 6.4. Защитный контакт используется для зануления (в сетях с глухозаземленной нейтралью) или для заземления. **З а м е т ь т е:** у вилки к розеткам с защитным контактом зануляющая (заземляющая) пластина длиннее рабочих пластин и пластины расположены так, что вилку можно включить в розетку одним-единственным способом. Розетки с защитным контактом применяют, например, для включения стационарных кухонных плит.

В условных обозначениях защитный контакт изображают горизонтальной чертой (см. красную стрелку).

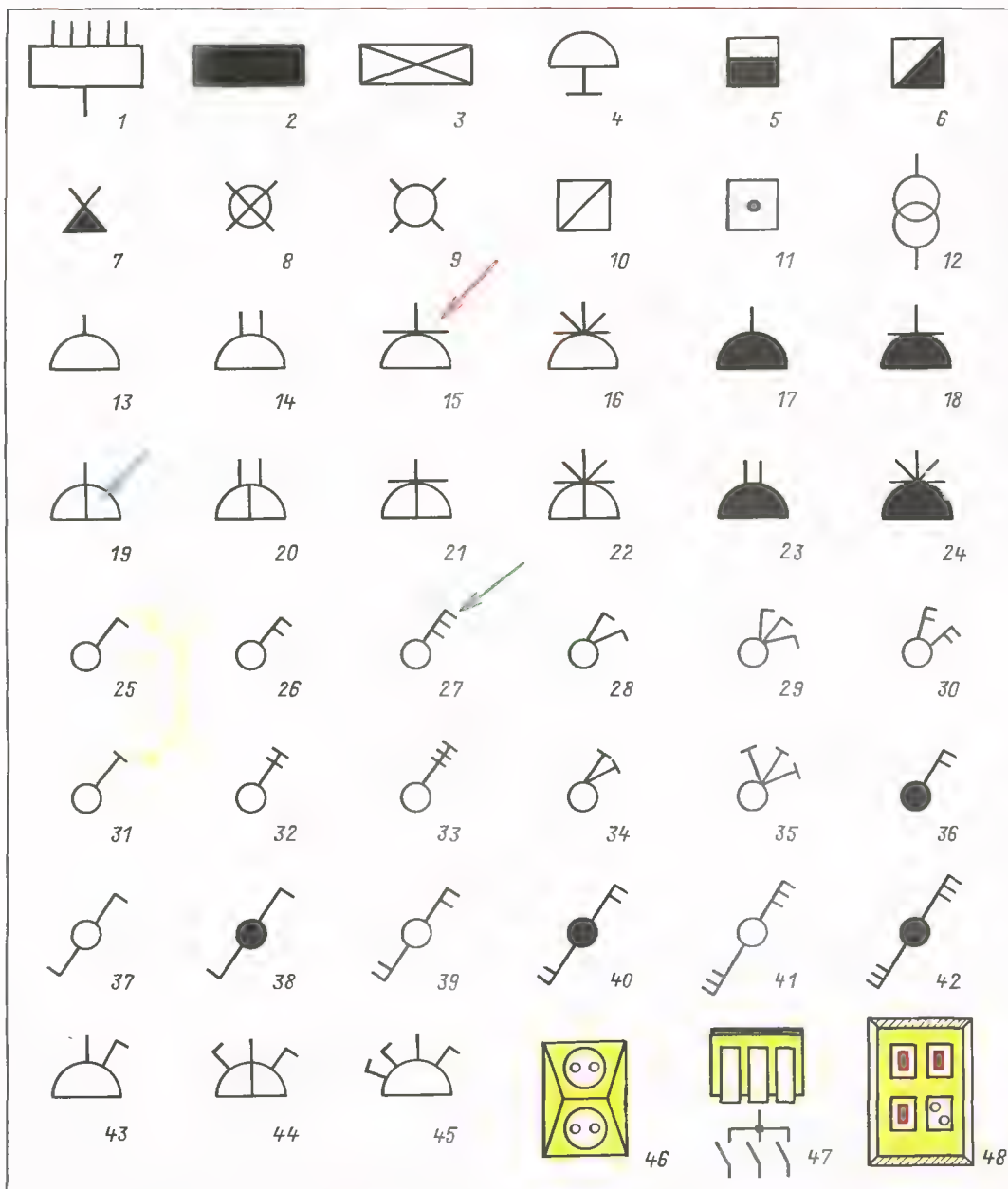


Рис. 3.5. Обозначения электроконструкций и электроустановочных устройств на планах расположения электроосвещения

Розетки для скрытой установки: двухполюсная 19, двухполюсная сдвоенная 20, двухполюсная с защитным контактом 21, трехполюсная с защитным контактом 22.

Сравнивая обозначения 13 и 19, 14 и 20, 15 и 21, 16 и 22, видим, что на скрытую установку указывает вертикальная черта (см. синюю стрелку).

Штепсельные розетки со степенью защиты IP44—IP55 (по старой терминологии в герметическом исполнении): двухполюсная 17, двухполюсная сдвоенная 23, двухполюсная с защитным контактом 18, трехполюсная с защитным контактом 24. Сравнивая обозначения 13 и 17, 15 и 18, 14 и 23, 16 и 24, легко понять, что на исполнение IP44—IP55 указывает зачернение.

Выключатели со степенью защиты IP20—IP23 для открытой установки: однополюсный 25, двухполюсный 26, трехполюсный 27 (на число полюсов указывает число черточек — см. зеленую стрелку); однополюсный сдвоенный 28, строенный 29 (47 — эскиз); двухполюсный сдвоенный 30. Выключатели для скрытой установки: однополюсный 31, двухполюсный 32, трехполюсный 33; однополюсный сдвоенный 34, строенный 35. Сравнение обозначений 25 и 31, 26 и 32, 27 и 33, 28 и 34, 29 и 35 показывает, в чем состоит различие (см. желтую стрелку).

Выключатели со степенью защиты IP44—IP55. Обозначения зачерняют. Например, 36 — это выключатель двухполюсный (ср. 26 и 36).

Переключатели со степенью защиты IP20—IP23: однополюсный 37; двухполюсный 39, трехполюсный 41, а со степенью защиты IP44—IP55 38, 40 и 42 соответственно.

Блоки (комбинированные изделия): один выключатель и штепсельная розетка 43, три выключателя и розетка 45 (48 — эскиз) для открытой установки, два выключателя и розетка 44 для скрытой уста-

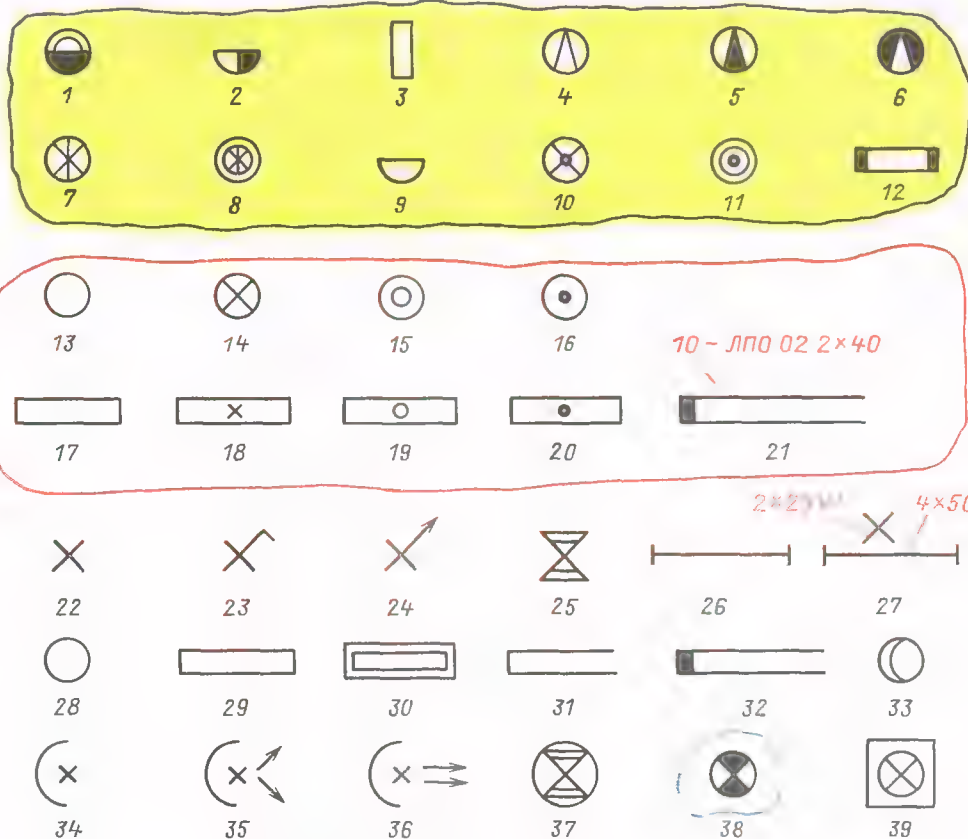
новки. Блок 45 применяют, например, в квартирах. Выключатели предназначены: один — для туалетной, другой — для ванной комнат, третий — для кухни. В розетку включают пылесос, полотер или другие бытовые электроприборы. Подчеркнем, что *следует говорить "бытовой электроприбор"* а не электробытовой прибор, так как электрическим является прибор, а не быт. Эта терминологическая ошибка распространена в торговле и службе быта.

Светильники. Светильником называется источник света (лампа, лампы), заключенный в осветительную арматуру. Примеры светильников: люстра, торшер, плафон (потолочный светильник), бра (настенный светильник). Прежде чем рассматривать обозначения светильников, обратим внимание на то, что число их обозначений значительно уменьшилось, а обозначения несколько раз упрощались. Старые обозначения (с ними читатели могут встретиться в книгах и исполнительной документации) на рис. 3.6 показаны на желтом фоне. Обозначения по ГОСТ 2.754—72 до внесения в него изменений обведены красной волнистой линией.

Рассмотрим примеры обозначений.

На рис. 3.6 изображены: бра с шаром 1, чашей 2, цилиндром 3; светильники "Глубокоизлучатель" эмалированный 4 и зеркальный 5, "Альфа" 6; люстры с лампами накаливания 7 и с люминесцентными лампами 8; "Плафон" 9, светильники пылеводонепроницаемый 10, рудничный нормальный с прозрачным стеклом 11, с люминесцентными лампами 12. Обозначений было более трех десятков, запомнить их невозможно. Поэтому приходилось вблизи графического обозначения указывать (писать) тип светильника.

Указание типов дало возможность упростить и уменьшить количество графических обозначений. Светильники с лампами накаливания стали обозначать: потолочный 13, подвесной 14 (крест), на-



стенный 15 (кружок), встроенный 16 (жирная точка). По этой же системе обозначают светильники с люминесцентными лампами: потолочный 17, подвесной 18 (крест), настенный 19 (кружок), встроенный 20 (жирная точка). Линию из люминесцентных светильников обозначали по 21, а на выноске писали, например, 10-ЛПО 02 2×40, что означает: в линии десять (10) светильников типа ЛПО 02, в каждом из которых две лампы (2) мощностью 40 Вт.

Через несколько лет ввели дальнейшие упрощения. Так, появились общие обозначения светильников с лампами накалива-

Рис. 3.6. Обозначения светильников на планах

ния 22 и с люминесцентными лампами 26. Сочетание этих обозначений дало возможность изобразить комбинированный светильник 27. В нашем примере в нем две лампы накаливания по 25 Вт (2×25) и четыре люминесцентные лампы по 50 Вт (4×50). Обозначения: 23 – светильники с лампами накаливания и однополюсным выключателем, 24 – с регулированием напряжения, 25 – для аварийного освещения.

Для одновременного изображения светильников на плане оборудования и про-

водок допускается использовать другие обозначения, а именно: светильники с лампами накаливания 28, с люминесцентными лампами 29. Если пусковое устройство для люминесцентных ламп надо изобразить отдельно (т. е. если оно установлено вне светильника), то применяют обозначение 30.

Обозначение 21 (светильников, установленных в линию) заменено на 31, а 32 — это световод (щелевой светильник). Здесь залитый торец обозначает вводное устройство с источником света. На планах обозначения 31 и 32, понятно, "не обрываются", как показано на рисунке, а "замыкаются" справа, т. е. представляют собой прямоугольник (аналогично 17), однако его длина соответствует длине линии (световода).

Обозначение лампы ДРЛ — 33. Прожекторы: общее обозначение 34, прожектор заливающего света 35, направленного — 36.

Установлен также ряд обозначений с и г н а л ь н ы х светильников, табло, световых извещателей специального назначения. Например, светильник, сигнализирующий о начале работы, 37 и 38. Обозначение 38 устарело. Табло для вызова персонала на один сигнал 39, на несколько сигналов (не показано), пожарные извещатели, указатели выхода при аварии, светильники рекламные с надписями и т. п.

3.4. Обозначения линий, проводок и токопроводов

Линии проводки. Общее обозначение 1 показано на рис. 3.7. Над ним допускается указывать данные проводки. Например, 2 — это цепь постоянного тока (—) напряжением 110 В; 3 — цепь трехфазного (3) переменного тока ($\sim$) частотой 50 Гц, напряжением 380 В; 4 — цепь переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 6 кВ, выполненная трехжильным кабелем

марки ААБ 3×120, сечение жил 120 мм², кабель проложен по стене; 7 — линия постоянного тока (—), выполненная двумя (2) одножильными (1) проводами марки АПР сечением 50 мм², проложенная в полу в пластмассовой трубе (П) диаметром 40 мм.

Обратим внимание на то, что *раньше были другие обозначения*, а именно: 5 — линия переменного тока напряжением до 500 В, 8 — свыше 500 В. Штриховой линией 6 обозначали линию постоянного тока.

Линии заземления и зануления. Современное обозначение 9, устаревшее 12. Заземлители, например трубы, забитые в грунт, 10, металлические конструкции, используемые в качестве магистралей заземления или зануления, 11.

Линии цепей управления, контроля и измерения. Современное обозначение 13, устаревшее 14.

Линии сетей освещения аварийного и охранного 15, линии напряжением 36 В (по новым ПУЭ 42 В) и ниже 16. Обратим внимание на то, что по ранее действовавшему стандарту применялись другие обозначения, а именно: 17 — линия рабочего, а 18 — аварийного освещения, причем обозначения 17 и 18 были предназначены для чертежей *только* электроосвещения. Если же на одном и том же чертеже показаны и силовые сети, и сети освещения, то пользовались другими обозначениями: 19 — охранный, 20 — рабочий и 21 — аварийный свет.

Линия радиовещания 22.

Линия телевидения 23.

Линии, выполняемые неизолированными шинами, лентами или проводами, 24.

Шинопроводы закрытые на стойках 25, подвесах 26, кронштейнах 27, прокладываемые под полом 28. Для предотвращения поломов из-за расширения шин при нагревании применяют шинные компенсаторы 29.

Троллейные линии 30.

Гибкие проводки 31.

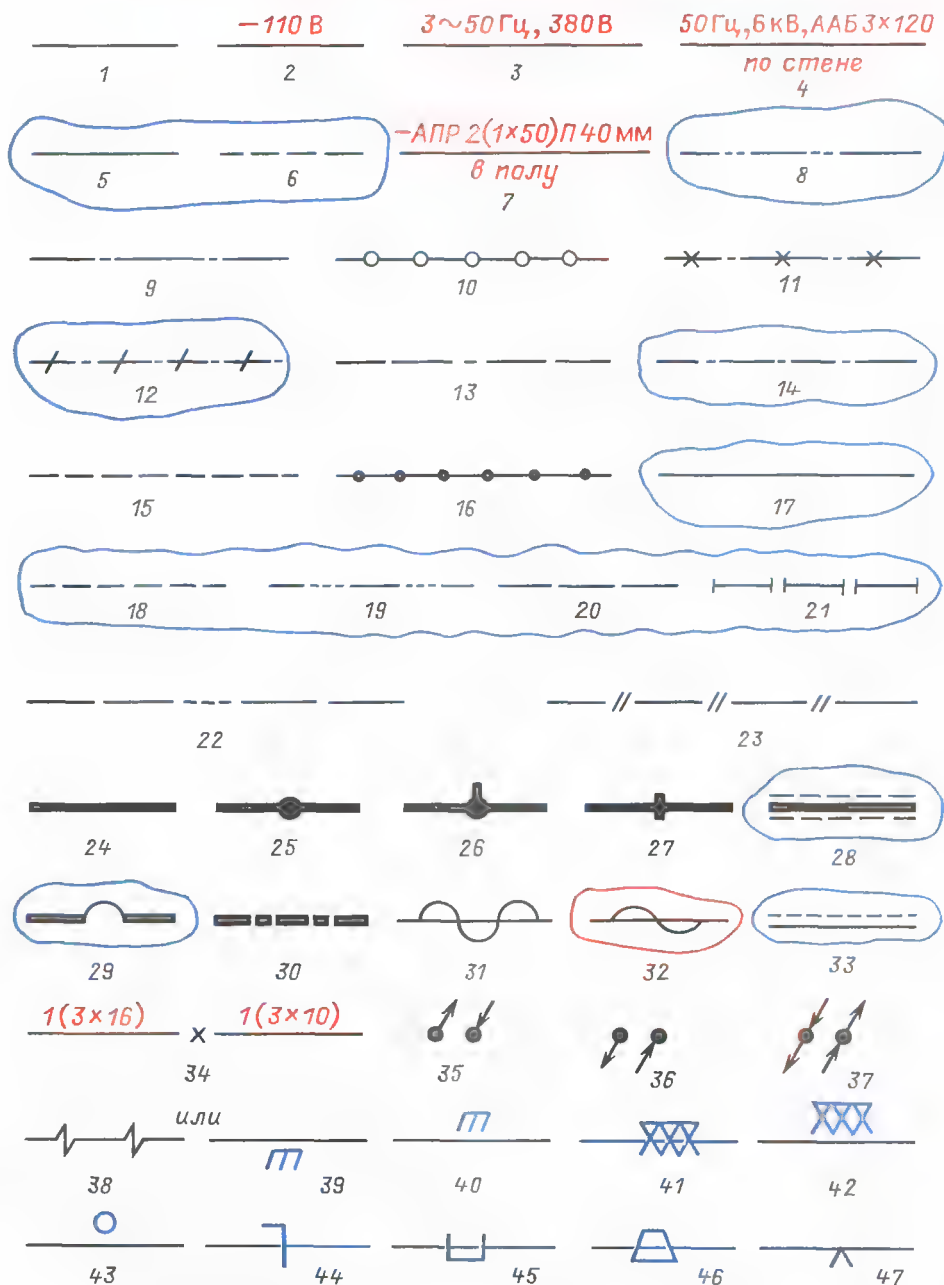


Рис. 3.7. Обозначения линий, проводов и токопроводов на планах

Самонесущие провода (кабели) 32. Запомним, что этого обозначения в ГОСТ нет; оно заимствовано из стандарта СЭВ.

Тросовые проводки обозначают по 33, где штриховая линия изображает трос, а сплошная линия — провод.

Изменение сечения. Если нужно показать, что сечение изменяется, то линию пересекают, в рассечке ставят крестик, а слева и справа от него пишут сечения. Так, в обозначении 34 линия сечением $1(3 \times 16)$ изменила сечение на $1(3 \times 10)$. Запись $1(3 \times 16)$ расшифровывается следующим образом: один (1) трехжильный (3) кабель или провод сечением каждой жилы 16 мм^2 (16). Если бы было написано иначе, например $3(1 \times 16)$, то это следовало бы читать так: три (3) одножильных (1) провода сечением 16 мм^2 (16).

Изменение уровня прокладки: 35 — линия уходит на более высокую отметку (вверх) или приходит с более высокой отметки (сверху); **36** — линия уходит на более низкую отметку (вниз) или проходит с более низкой отметки (снизу); **37** — проводка пересекает отметку, изображенную на плане сверху вниз или снизу вверх и не имеет горизонтальных участков.

Если необходимо указать способ прокладки, то графически это делают, изображая: открытую прокладку (над штукатуркой) **38** или **39**, скрытую (под штукатуркой или внутри ее) **40**, в полу **41**, под полом **42**, в трубах **43**, под плинтусом **44**, в лотке **45**, на изоляторах **46**, на опорах (консолях) **47**. Обозначения штукатурки, пола, трубы, лотка изоляторов и опор на рисунке обозначены синим.

Кабельные проводки (рис. 3.8,а). Кабель в любом случае может быть изображен чертой 1, над которой пишут марку кабеля, рабочее напряжение, а под чертой — способ прокладки (пример дан на рис. 3.7, поз. 4). Раньше для кабелей, проложенных открыто, было обозначение 2 (рис. 3.8,а).

Обозначения кабельных канала **3**, траншеи **4**, блока **5**, тоннеля **6**, колодца **7** и люка тоннеля **8**.

Обратите внимание. 1. На планах реконструкции сетей существующие каналы, траншеи, блоки изображают штриховыми линиями (не показано).

2. Если разводка сетей показана на чертеже генерального плана, то траншеи (как и другие коммуникации) обозначают не по стандартам ЕСКД, а иначе, например чертой с буквой *W*1. Но эти обозначения в книге не рассматриваются.

Проводки в трубах (рис. 3.8,б). Труба, проложенная открыто, **9**, поток труб **12** или **15**. Обозначение **15** устарело. Труба, проложенная с к р ы т о (в бетоне, полу, грунте) с указанием отметки заложения, обозначают по **10**, а поток труб — по **13**. Здесь треугольник с надписью “—0,8” указывает глубину заложения, в данном примере 0,8 м.

Чтобы показать проложенные п о д п е р е к р ы т и е м трубу и поток труб, применяют обозначения **11** и **14** соответственно. Старое обозначение **18**.

Обратите внимание на синие кружки в обозначениях **9—14**. Они подчеркивают, что изображены трубы. До июня 1973 г. кружки не показывали. Их и не нужно показывать, если в основной надписи к плану (в книге — в подписи к рисунку, в нашем случае к рис. 3.11) сказано, что показана разводка т р у б.

Труба, направленная вверх, **16** (в нашем примере на отметку +0,5); вниз **17** (в нашем примере на отметку —0,2). Отсчет ведется от отметки 0,00, принятой за базовую. Обозначений **16** и **17** в стандарте нет. Однако они совершенно необходимы и всегда применяются.

Конструктивные элементы (рис. 3.8,в). Для изображения фундаментной плиты, агрегата, распределительного шкафа, щита управления, одним словом, любого оборудования или элемента конструкции при-

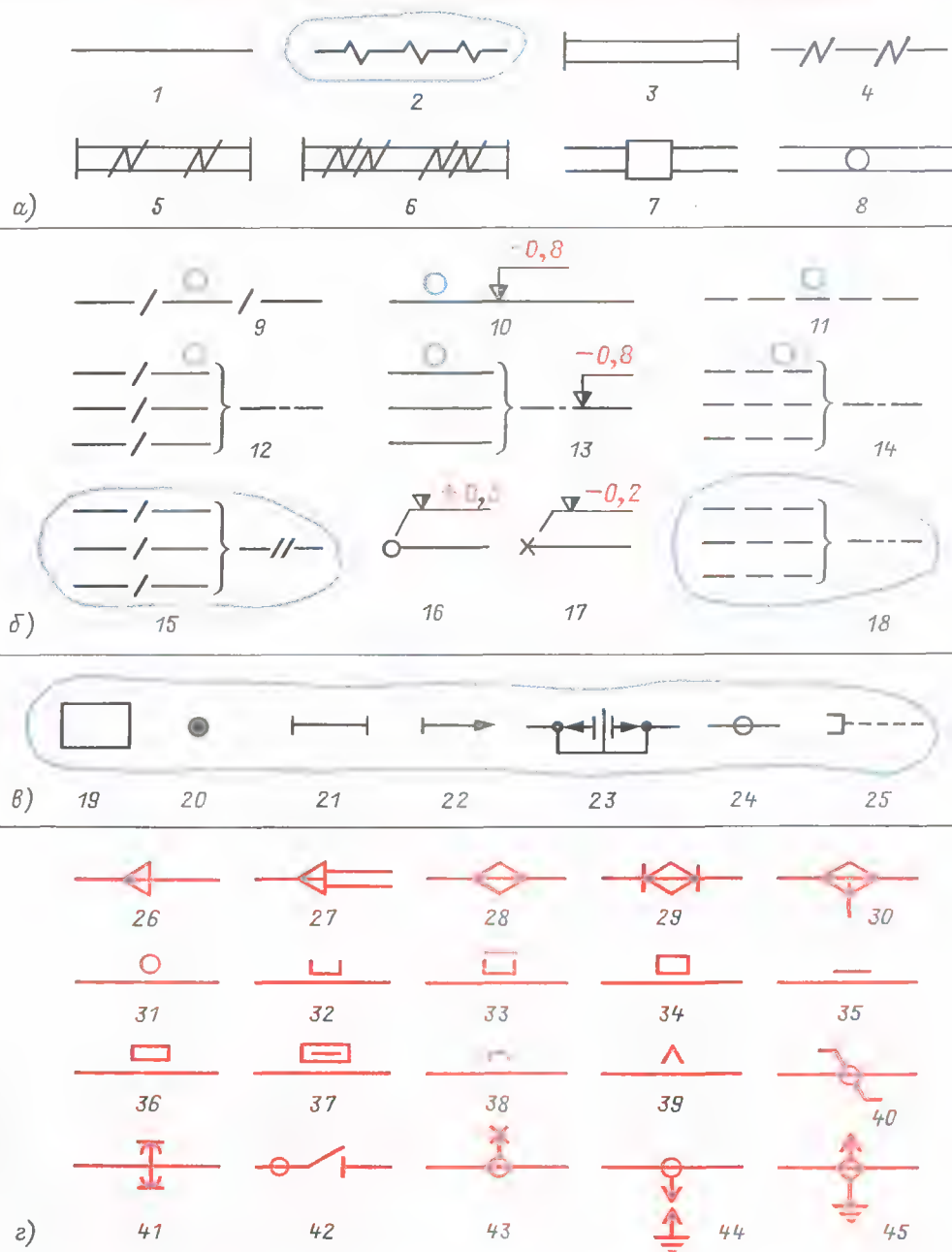


Рис. 3.8. Обозначения проводов в трубах и конструктивных элементов для электропроводов

меняют общее обозначение 19. Патрубок для прохода через перекрытие 20.

Конструкция для крепления кабеля, трубы, провода 21. Концевое одностороннее крепление магистрали 22. двустороннее с перемычкой 23. Промежуточное крепление на изоляторах изображают по 24, а крепление троса – по 25.

Обозначения, установленные стандартами СЭВ, приведены на рис. 3.8, а. Здесь муфты концевые: прямая 26 и ответвительная 27; муфты линейные: соединительная 28, повышенной надежности 29, ответвительная 30.

Провод, проложенный в трубе, 31; в кабельных каналах: открытым 32 и закрытым 33, в кабельном тоннеле 34.

Прикрытия проводки: 35 – фольгой из пластмассы, 36 – кирпичом, 37 – железобетонными плитами, 38 – коньковой черепицей, 39 – профилированной сталью.

Транспозиция на опоре 40, гаситель вибраций 41, разъединитель на опоре 42, светильник на опоре 43, искровой промежуток 44, молниеотвод 45.

3.5. Условные сокращения и надписи на планах

Если возникает необходимость в пояснении, то рядом с графическим обозначением приводят надписи, придерживаясь определенной системы.

Ряд надписей и способ их расположения установлены стандартом. Так, например, вблизи изображения на плане устройств и электроприемников пишут их номера по плану и номинальные мощности. У линий указывают способ прокладки (в трубах, в тросе и т. п.). В сетях освещения приводят значения расчетных величин и др. Но в одних случаях надписи могут быть упрощены, если, например, в спецификации или в пояснениях на плане даны необходимые сведения. В других – они должны быть более подробными.

С некоторыми надписями мы уже встречались на рис. 3.6 (поз. 21 и 27), 3.7 (поз. 2–4 и 34) и 3.8 (поз. 10, 13, 16 и 17). Другие надписи встречаются в § 3.6 на рис. 3.10, 3.11, 3.13 и 3.14. Но прежде чем их рассматривать, подчеркнем, что система построения надписей в одних случаях определена ГОСТ как обязательная, в других – как рекомендуемая, в третьих устанавливается отраслевыми руководящими документами, а иногда и составителем схемы. Но, так или иначе, поскольку возможны варианты, составитель схемы обязан привести соответствующие пояснения.

Рассмотрим несколько примеров распространённых надписей, обратившись к рис. 3.9.

1. Внутри обозначения устройства с электродвигателем написаны: в числителе – номер по технологическому плану (20), в знаменателе – мощность, кВт (15).

2. На выноске к обозначению устройства с трансформатором в числителе номер по спецификации к данному чертежу (1), в знаменателе – позиционное обозначение сварочного трансформатора (СТ4). Две черточки и надпись АС обозначают, что трансформатор двумя проводами присоединен к фазам А и С.

3. На выноске к обозначению контактора для переключения со звезды на треугольник написаны: 5 – номер позиции спецификации к плану, КМ2 – позиционное обозначение.

4. У распределительного щита на выноске: в числителе номер по плану (7), в знаменателе – маркировка (ЩР12).

5. У щитка группового рабочего освещения: 14 – номер по плану расположения (или маркировка щитка ЩОЗ); 6,7 – установленная мощность, кВт; 2,46 – потеря напряжения до щитка, %.

6. У светильника с лампой накаливания 100 – мощность, Вт, 4,5 – высота установки 4,5 м.

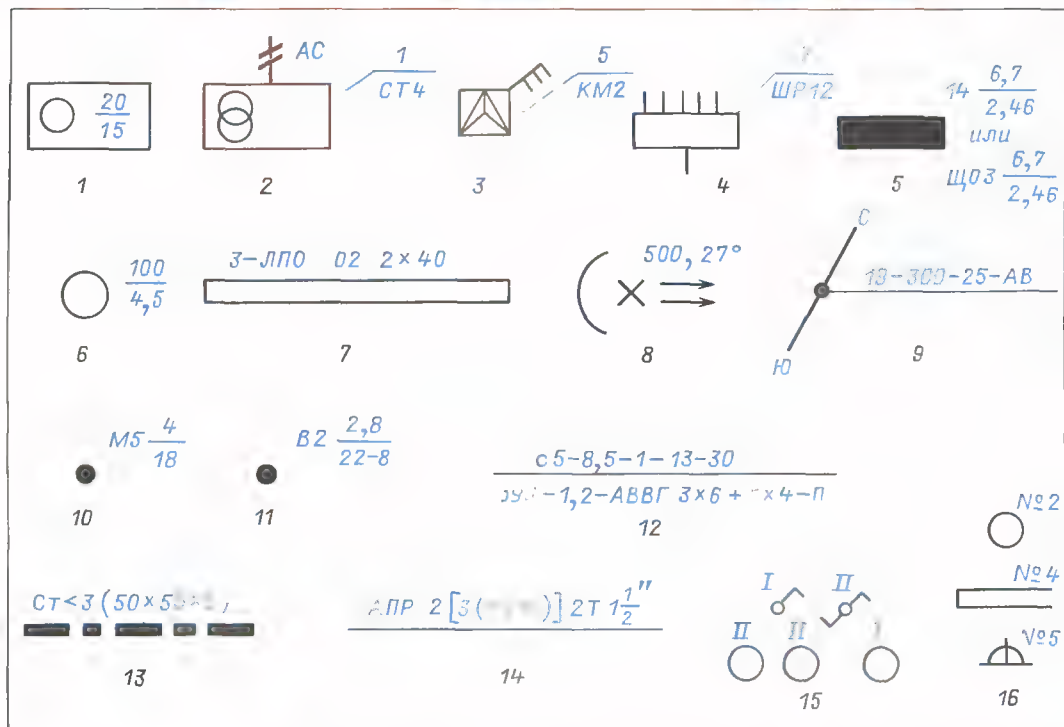


Рис. 3.9. Условные сокращения и надписи на планах зданий и сооружений

7. Линия состоит из трех (3) светильников типа ЛПО 02, в каждом из которых две лампы (2) мощностью по 40 Вт. Высота установки не указана.

8. Мощность лампы в прожекторе 500 Вт, угол наклона 27° .

9. Надписи: С — север, Ю — юг, 19 — номер прожектора по плану, мощность лампы 300 Вт, угол наклона 25° . Лампа присоединена к фазам А и В.

10. Надписи у прожекторной мачты № 5 (M5). Установленная мощность 4 кВт (4), высота мачты 18 м (18).

11. Прожектор установлен на высоте 22 м. Вышка № 2 (B2) стоит на опоре, например на крыше. Высота вышки 8 м,

а высота крыши $22 - 8 = 14$ м. Установленная мощность ламп 2,8 кВт.

Способы прокладки линий обозначают буквами: Т — прокладка в металлических, П — в пластмассовых трубах, М_р — в металлических рукавах, И — на изоляторах, К — на клипах, Т_с — на тросе.

12. Надписи на линии питающей сети электроосвещения: с5 — маркировка линии; 8,5 — расчетная мощность, кВт; 1 — коэффициент мощности ($\cos \varphi$); 13 — расчетный ток, А; 30 — длина участка питающей сети, м; 390 — момент ($13 \text{ А} \times 30 \text{ м} = 390 \text{ А} \cdot \text{м}$); 1,2 — потеря напряжения, %; АВВГ 3×6 + 1×4 — марка (АВВГ) и сечение (три жилы сечением 6 мм^2 и одна жила сечением 4 мм^2); П — в пластмассовой трубе.

13. Троллейная линия трехфазная (3) выполнена из угловой (<) стали (Ст) сечением $50 \times 50 \times 5$.

14. Надпись АПР 2 [3(1×16)] 2Т 1 $\frac{1''}{2}$ расшифровывается следующим образом: две параллельные цепи (двойка перед прямыми скобками), каждая из которых состоит из трех (тройка перед круглыми скобками) одножильных (единица в круглых скобках) проводов марки АПР сечением 16 мм². Каждая цепь проложена в отдельной стальной трубе (2Т — две трубы) диаметром 1 $\frac{1''}{2}$.

15. Выключатели и переключатели и управляемые ими светильники обозначают соответственно одинаковыми римскими цифрами.

16. Номер и цифра у светильников и штепсельных розеток указывают номера групп, к которым они присоединены.

Допущения: а) в двухпроводных осветительных сетях количество проводов допускается не указывать, ограничиваясь указанием марки и сечения. Например, АПР-4 (два провода марки АПР сечением 4 мм²); б) если из общего указания на чертеже ясны способ прокладки (Т, И и т. п., марка проводов и кабелей), то у каждой линии их не указывают; в) при наличии кабельного журнала (см. ниже) с маркировкой на плане сети никаких надписей, кроме маркировки, не делают; г) данные линии надписывают либо непосредственно над ней, либо на выносках.

3.6. Применение обозначений

Рассмотрим три примера применения обозначений, имея в виду следующее:

1. На рисунках даны перенумерованные выноски (красные), которых на планах сетей, конечно, не делают. Здесь же они нужны для облегчения пояснений.

2. Ряд надписей у линий труб, светильников, электрооборудования опущен, чтобы не затемнять рисунки.

3. Рисунки 3.10–3.14 преследуют ограниченную цель: дать примеры возможных применений разных условных обозначений. Одним словом, это *не рабочие, а учебные чертежи*.

План силовой сети (рис. 3.10) выполнен для части помещения. В основу плана положен упрощенный строительный чертеж, на котором показаны: стены, простенок, окна, дверные проемы, очертания (зеленые линии) фундаментов машин и технологического оборудования. В кружках обозначены оси здания. В одном направлении они обозначены буквами А, Б; в другом — цифрами 1–3. Дана отметка пола –1,3, которая показывает, что пол расположен на 1,3 м ниже уровня, принятого в данном сооружении за основу (за отметку 0,00).

От трансформаторной подстанции 1 идет кабельный тоннель 2 с люком 3 и колодцем 4. От колодца отходят две траншеи: существующая 5 (штриховые линии) и новая 6.

В этой траншее проложен один кабель ААБ1 (3×120 + 1×50). Марка кабеля ААБ, число жил четыре, три из них сечением 120 мм² и одна жила 50 мм².

Кабель питает распределительный щит 7 одностороннего обслуживания. Его номер по плану 5 (числитель), а знаменатель — маркировка ШРЗ.

От щита отходят пять линий:

линия 8 — к распределительному пункту 9;

линия 24 — к устройству 19 с электродвигателем. По спецификации к технологическому плану оно значится под номером 14 (надпись внутри изображения устройства). На выноске написаны: номер (3) по спецификации электрооборудования (числитель) и номинальная мощность 16 кВт (знаменатель);

линия 25 — к устройству 20. В спецификации к технологическому плану оно имеет номер 17, где и дана расшифровка (в книге она приведена в надписи к рисунку).

В данном случае это электрическая печь сопротивления мощностью 23 кВт;

линия 26 — к устройству 21. В спецификации к плану его номер 9 — это автотрансформатор. От него по линии 22 получает питание двигатель-генератор 23. Чтобы узнать, что представляет собой линия 22, следует обратиться к кабельному журналу (подробнее см. ниже упражнение 3.1), где сказано, что линия выполнена тремя проводами марки АПР, которые проложены в трубе диаметром $\frac{1}{2}$ в полу. Извлечение из кабельного журнала приведено в подписи к рис. 3.10;

линия 27 уходит вверх на отметку +4,75.

К распределительному пункту 9 присоединены:

линия 10, питающая три троллея ТР1 14, выполненных из трех (3) стальных полос 25×4 мм. У троллейной линии изображен токосъемник 15 крана грузоподъемностью $G = 3$ тс. Номер крана по плану 32, у крана два двигателя мощностью 2,8 и 4,5 кВт. Один из них служит для передвижения крана, другой — для подъема и опускания крюка. Обратите внимание: обозначение токоприемника заимствовано из стандарта для схем, так как в стандарте для обозначения проводов и электрооборудования на планах такого обозначения нет. Следовательно, его обязательно нужно пояснить.

Линия 11 питает многодвигательный привод 16. Его номер по технологическому плану 5. По спецификации электрооборудования он имеет номер 10 (числитель) и состоит из трех двигателей мощностями 5,8, 0,52 и 1,2 кВт (знаменатель). В данном примере раздельно указаны мощности двигателей, но иногда на плане ограничиваются указанием суммарной их мощности, т. е. в данном случае $5,8 + 0,52 + 1,2 = 7,52$ кВт.

Линия 12 двухпроводная (на ее изобра-

жении две черточки) присоединена к устройству 17 — ящику с рубильником и предохранителями (см. спецификацию), от которого отходит гибкий кабель 28 к сварочному трансформатору 18.

Линия 13 идет к конденсаторной батарее 29.



Упражнение 3.1

Руководствуясь рис. 3.10, ответить на вопросы.

1. Сколько трансформаторов и какой мощности установлено на трансформаторной подстанции 1?
2. В какой последовательности изображены линии 24–26? Соответствует ли это действительному расположению линий? 3. Почему на рис. 3.10 не написано, что кабель проложен в траншее 6?
4. Линия 27 уходит вверх на отметку +4,75. На сколько эта отметка выше уровня пола рассматриваемого помещения? 5. Обозначения некоторых устройств имеют двойные номера, например в поз. 16 номера 5 и 10. Может ли так быть? 6. Какие сведения не могут быть получены из рис. 3.10? 7. Чем принципиально отличаются обозначения поз. 16, 18, 29 и 23 от обозначений поз. 17, 20 и 21? 8. Почему на линии 12 есть черточки, указывающие число проводов, а на остальных линиях черточек нет?



Ответы

1. Два трансформатора по 400 кВ·А. Это следует из надписи 2×400 кВ·А.
2. Линии изображены в порядке расположения выносок, т. е. верхняя линия 24, средняя 25, нижняя 26. В натуре они могут быть проложены в другом порядке.
3. И без надписи ясно, что кабель проложен в траншее, так как она изображена в стандартном условном обозначении.
4. Отметка +4,75 выше уровня пола ($-1,3$) на 6,05 м, так как $+4,75 - (-1,3) = 4,75 + 1,3 = 6,05$.
5. Номер внутри обозначения, в нашем примере 5, это номер по технологическому плану; 10 (числитель) — номер позиции по спецификации электрооборудования. Эти номера могут и не совпадать. Заметим, что в спецификации гораздо больше позиций, чем на плане. В нее вхо-

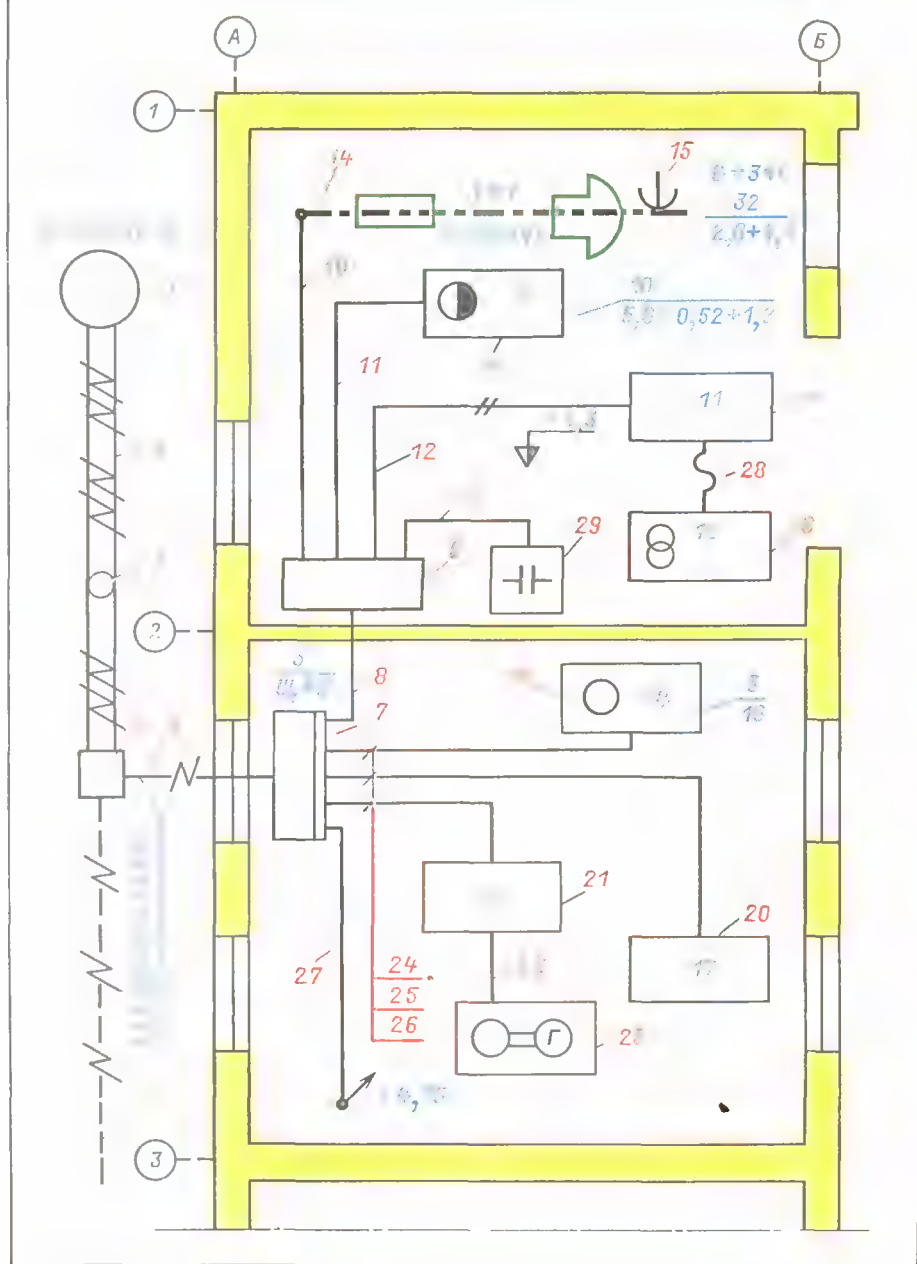


Рис. 3.10. Пример применения обозначений на плане силовой сети. К упражнению 3.1

Из спецификации: поз. 9 – автотрансформатор; поз. 11 – ящик с рубильником и предохранителями; поз. 12 – сварочный трансформатор; поз. 17 – электрическая печь сопротивления мощностью 23 кВт. Из кабельного журнала: № 22 – АПРЗ (1×25) Т₂”, прокладка в попу.

дит не только то, что установлено и, следовательно, изображено, но и ряд монтажных изделий и материалов (трубы, провода, кабели, скобы и т. п.). В спецификации они перечислены, но на плане сетей их, конечно, нет.

6. На рис. 3.10 не указаны длины кабелей, нет "привязки" оборудования к какой-либо базе, т. е. не ясно, в каких местах оно установлено. Но монтажнику, кстати, это и не нужно, так как не он устанавливает оборудование. Не указана и трасса, по которой проходят линии.

7. Обозначения 16, 18, 29 и 23 наиболее распространены, поэтому стандарт их конкретизирует. Обозначения 17, 20 и 21 не обладают наглядностью. Чтобы их расшифровать, надо обратиться к спецификации.

8. Линия 12 — двухпроводная в отличие от всех остальных, которые совершенно очевидно являются трехпроводными, кроме линии, проложенной в траншее 6. Эта линия четырехпроводная, но это ясно из данных кабеля ($3 \times 120 + 1 \times 50$).

План разводки труб (рис. 3.11) выполнен для части помещения. На плане синими штриховыми линиями изображены границы разных уровней (можно было бы указать соответствующие отметки), а зелеными линиями — контуры механизмов и технологического оборудования. Электроприемники и электрооборудование условно изображены желтыми прямоугольниками и обозначены 4Б—6Б, 38, 39, 10С, 9С и 15С.

Для изображения труб на плане (рис. 3.11) использованы обозначения, которые приведены выше (см. рис. 3.8, б).

Чтобы не спутать выноски, относящиеся к маркировке труб и обозначению уровней, с выносками, сделанными для облегчения описания, последние заключены в красные кружки.

Итак, в помещении проходят девять труб 1. Они проложены в полу на отметке +0,6. Написать маркировку около каждой трубы трудно: мало места. Поэтому сделана выноска и маркировка написана на ее "полках". Выноска относится ко всем девяти трубам, на что указывают засечки только на крайних трубах и одинаковое число труб и полок. Маркировку на трубах размещают в том же порядке,

в каком читают, т. е. слева направо и сверху вниз. Значит, маркировка левой трубы написана на верхней полке: 4Б-8-1 $\frac{1''}{2}$, правее труба 4Б-2-1 $\frac{1''}{2}$ и т. д. В данном примере (что совершенно не обязательно, так как стандартом не регламентируется) маркировка состоит из трех частей: слева — номер электроприемника (электроконструкции), например 39, в середине номер трубы, например 1, справа диаметр трубы, например 1 $\frac{1''}{2}$.

Нет необходимости показывать по всей трассе все девять труб, идущих в общем потоке. Поэтому между двумя фигурными скобками одной штрихпунктирной линией 2 показан поток (группа) труб. Далее трубы из потока 2 разветвляются. Четыре из них 4Б-8-1 $\frac{1''}{2}$, 4Б-2-1 $\frac{1''}{2}$, 4Б-5-1 $\frac{1''}{2}$ и 35-5-1 $\frac{1''}{2}$ — образуют новый поток 3, который проложен на отметке +0,8. Эти трубы поднимаются вверх и заканчиваются на отметке +1,35.

Одна из труб 5 направлена вниз и заканчивается на отметке -0,7.

Три трубы 6 уходят за пределы помещения. Труба 7 поднимается на отметку +0,85.

Под перекрытием нижележащего этажа на отметке -1,0 идет группа труб 9. В нее входят две трубы 8: 10 С-1-1'' и 10 С-2-1'', концы которых поднимаются вверх на отметку +1,0. Две трубы 38-1-1 $\frac{1''}{2}$ и 38-2-1 $\frac{1''}{2}$ поднимаются на отметку +0,55. Труба 11 9С-1-1 $\frac{1''}{2}$ поднимается на отметку +0,9.

Открыто на отметке +0,2 проложена труба 12. Один ее конец приходит снизу с отметки -0,6, другой уходит вверх на отметку +0,4. Открыто проложены трубы 13, 15 и 16; они приходят из потока труб 14. Труба 13 поднимается на отметку +1,4.

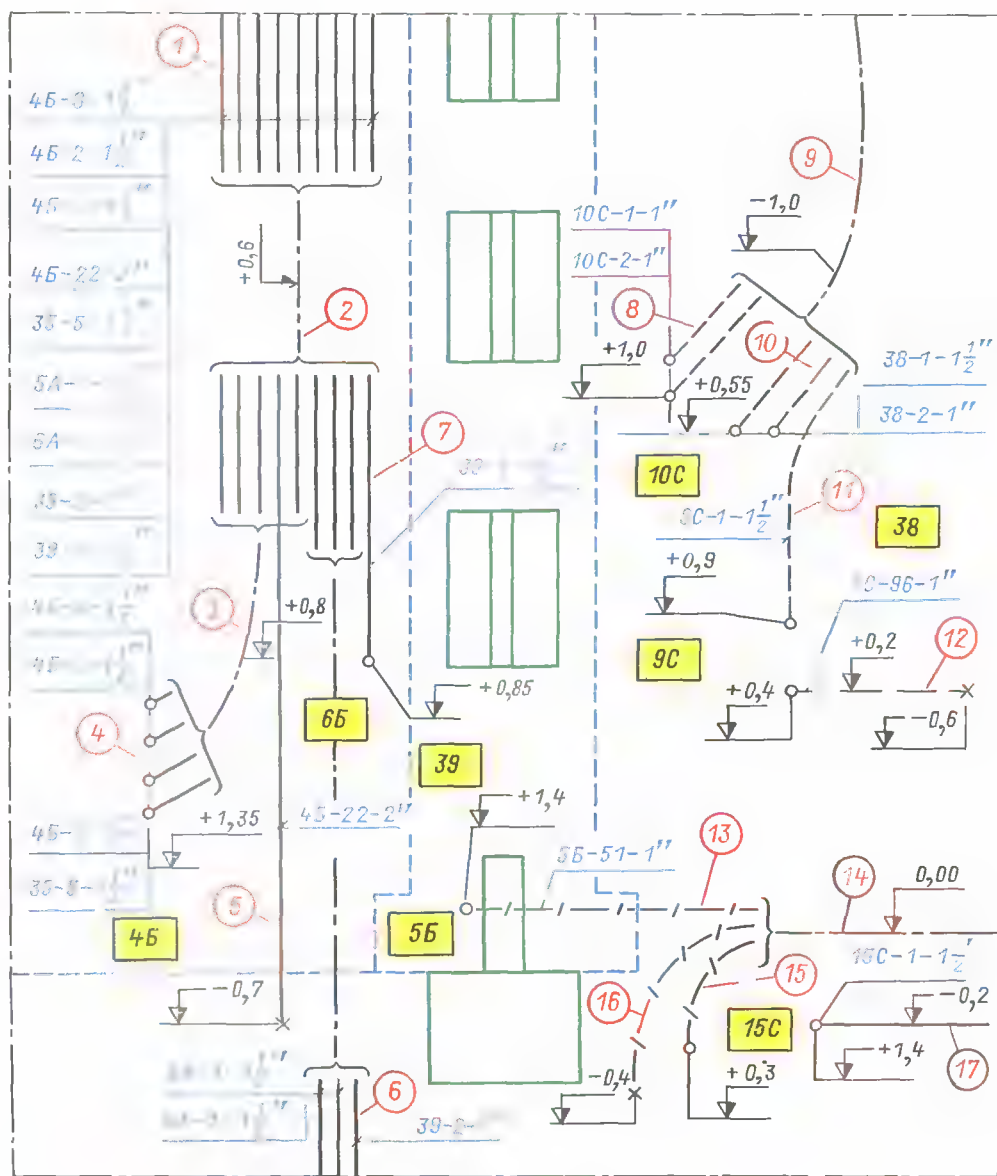


Рис. 3.11. Пример применения обозначений на плане разводки труб

К упражнению 3.2

Упражнение 3.2

Руководствуясь рис. 3.11, ответить на вопросы: 1. Правильно ли расставлена маркировка труб 4? Откуда известна маркировка трубы 7? 2. Правильно ли расставлены засечки у труб 6? 3. Откуда известно, что трубы 1 и 17 проложены скрыто, трубы 12, 13, 15 и 16 – открыто, а трубы 8 и 10 – под перекрытием? 4. Составить эскиз вертикального разреза помещения и указать на соответствующих отметках номера позиций (1–17), заимствованных из рис. 3.11.



Ответы

1. Правильно. Она повторяет маркировку первой, второй, третьей и пятой труб из потока 1. Труба 7 в потоке 1 является крайней правой.

Следовательно, ее маркировка $39-1-1\frac{1^n}{2}$, написана на нижней полке выноски к потоку труб 1.

2. Правильно.

3. Это известно из стандартных условных обозначений, которые были рассмотрены выше и приведены на рис. 3.8, б.

4. Ответ дан на рис. 3.12. Он выполнен следующим образом. Слева приведена шкала отметок. За базовую отметку принята отметка 0,0 – зеленая линия. Вверх от нее расположены отметки со знаком "+", а вниз – со знаком "-". Затем обратимся к рис. 3.11 и заимствуем из него номера позиций (1–17) и уровни прокладки труб (отметки). Эти данные перенесем на рис. 3.12.

Например, на отметке +0,6 проложены трубы 1, 2, 5, 6 и 7. Поэтому окружности с этими же номерами расположены на уровне +0,6. Окружности соединены горизонтальной красной линией на том основании, что трубы проложены горизонтально. Далее из плана видно, что поток 2 переходит в поток 3, проложенный на уровне +0,8. Значит, от окружности 2 должна быть проведена вертикальная линия до отметки +0,8 и на ней изображена окружность 3. Горизонтальный участок 3-4 показывает, что трубы 3 и 4 проложены горизонтально, но затем поднимаются на отметку +1,35, на что указывает вертикальная линия 4-4.

Другой пример. Труба 12 начинается на отметке –0,6, поднимается на отметку +0,2, идет горизонтально и наконец поднимается на отметку +0,4.

Читателям рекомендуется самостоятельно сопоставить остальные части рис. 3.11 и 3.12 и убедиться в их взаимном соответствии.

Важное замечание. Эскизы, подобные рис. 3.12, никогда не делают: они монтажникам не нужны, так как из плана все ясно. Здесь же рис. 3.12 дан исключительно в учебных целях, чтобы поупражняться в чтении планов.

Кабельный (кабельно-трубный) журнал. Планы проводок и планы, на которых показывают разводку труб, дополняют кабельно-трубными журналами и спецификациями на провода, кабели, трубы, монтажные изделия и материалы. Журнал (независимо от формы, принятой в той или иной организации) совместно со спецификацией дает необходимые сведения для выполнения работы. Поясним суть дела на учебном примере (рис. 3.13), предупредив читателей о том, что из-за ограничений, вызванных форматом книги, надписи на выносках сокращены, а спецификация опущена.

Итак, от вводно-распределительного устройства ВРУ к щиту Щ в стальной трубе Т5, проложенной открыто, идет линия № 1. Между щитом Щ и ящиком Я1 без зажимов (протяжным) в полу проходит труба Т1, а в ней линии № 2 и 3. Линия № 2 в пластмассовой трубе П5 идет к устройству М с электродвигателем. Линия № 3 пройдя через ящик Я1, направляется к ящику с зажимами Я2. Трубы Т3 и П5 проложены под перекрытием (площадкой), т. е. ниже уровня +0,4. Линия № 4 соединяет устройство М с контактором К, пройдя через ящик Я2. Линии № 5 и 6 проложены в трубе П7. Линия № 5 заканчивается в посту дистанционного управления ПДУ, а линия № 6, пройдя через него транзитом, идет к кнопочному посту СВ. От ПДУ до СВ она проложена в металлическом рукаве Мр.

Все, что даже в простейшем случае потребовало многословного описания, гораздо проще и четче находит отражение в ка-

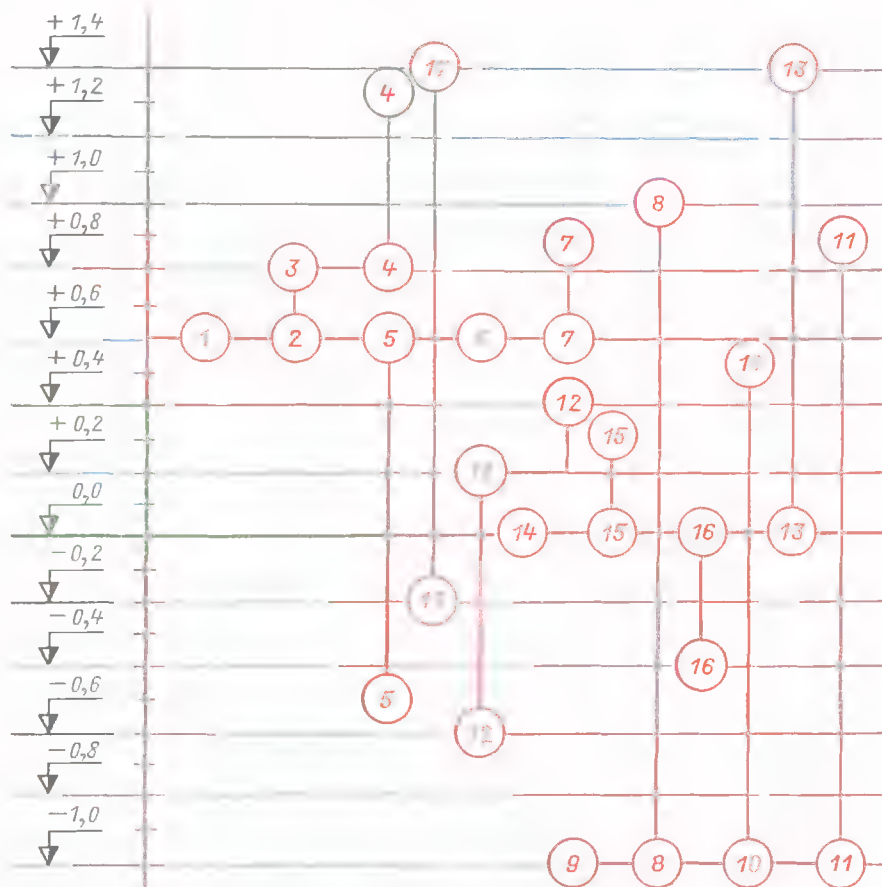


Рис. 3.12. Эскиз, иллюстрирующий уровни прокладки труб. К упражнению 3.2

белом журнале, который для рис. 3.13 приведен в табл. 3.1.

Закрепим полученные знания, выполнив упражнение 3.3.

Упражнение 3.3

Руководствуясь рис. 3.13.а и кабельным журналом (табл. 3.1), ответить на вопросы. 1. Почему здесь употребляется слово *линия*, а не кабель и не провод? 2. Откуда известны марки, количества жил, сечения и длины линий? 3. Равны ли длина линии № 4 длине проводов, необходимых для нее? 4. Откуда известен способ прокладки участков

линий (открыто, в стальной трубе, пластмассовой трубе, металлическом рукаве)? 5. Что происходит в ящике Я2 с линией № 3? 6. Почему длина линии № 4 (73 м) больше суммы длин труб П5, Т3 и П6 ($17 + 40 + 14 = 71$), через которое она проходит? 7. Изобразить схематически трассу линий.



Ответы

1. Словом *линия* можно назвать и кабель, и жгут проводов. В нашем случае линии № 1–3

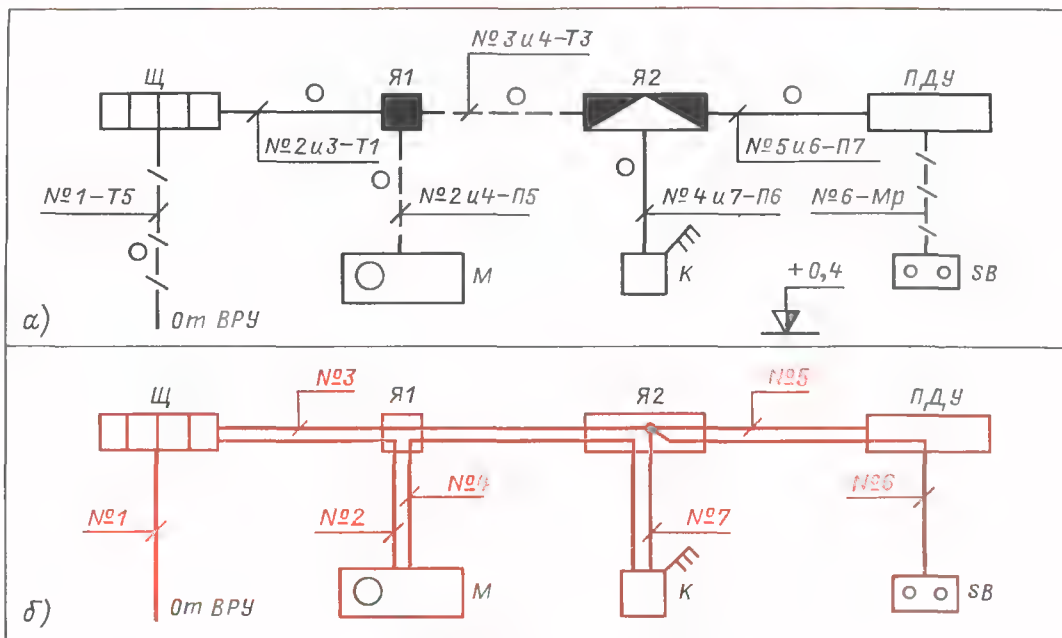


Рис. 3.13. Принцип записей в кабельном журнале.
К упражнению 3.3

Таблица 3.1

Обозначение кабеля (группы проводов)	Начало	Конец	Трасса проходит через трубу				Кабель, провод		
			Обозначение	Условный проход, мм	Длина, м	Протяженной ящик	Марка	Количество жил и сечение	Длина линии, м
№ 1	ВРУ	Щ	Т5	25	32		АВВГ	1 (4×10)	35
№ 2	Щ	М	Т1	25	12	Я1	АВВГ	1 (3×4)	31
			П5	20	17				
№ 3	Щ	Я2	Т1			Я1	АВВГ	1 (4×6)	53
№ 4	М	К	Т3	25	40	Я1 Я2	АПВ	3 (1×2,5)	73
			П5	20	17				
			Т3						
			П6	20	14				
№ 5	Я2	ПДУ	П7	20	19	ПДУ	ПВ	4 (1×2,5)	20
№ 6	Я2	SB	П7				ПВ	3 (1×2,5)	26
			MP	18	6				
№ 7	Я2	К	П6				ПВ	2 (1×2,5)	15

выполнены кабелями, а линии № 4–7 – проводами.

2. Из кабельного журнала.

3. Не равна. Длина линии 73 м, а длина трех проводов, которыми она выполнена, $73 \times 3 = 219$ м.

4. Из стандартных условных обозначений.

5. Линия № 3 разветвляется на три линии: № 5, 6 и 7.

6. Трубы доходят только до ящиков, щитов и других изделий, а линии входят или протягиваются через них.

7. Ответ дан на рис. 3.13, б.

План сети освещения (рис. 3.14) составлен для пяти помещений, имеющих номера 1–5; эти номера заключены в концентрические окружности (красные). На плане видны групповые щитки 8 рабочего и 7 аварийного освещения.

Надписи у щитков показывают их номера по плану (1 и 1а), установленные мощности (мощность питающихся от щитков электроприемников) – 8,3 и 0,6 кВт соответственно, потери напряжения (1,5 и 4,2%) и типы щитков, условно обозначенные XXX.

Групповой щиток 8 питается по линии 17, которая приходит снизу, поднимается на уровень ферм и далее до щитка проложена на изоляторах по фермам. Надпись у линии расширяется следующим образом: маркировка линии с5, расчетная мощность 10,7 кВт, коэффициент мощности 1, расчетный ток 22 А, длина участка 35 м, момент 770 А·м, потеря напряжения 1,4%. Провода АПР 3(1×10) + 1×6 проложены по фермам на изоляторах (И).

От щитка 8 отходят групповые линии № 1–7.

В группу № 1 входят светильники с люминесцентными лампами рабочего освещения помещений 1, 4 и 5 (в красных кружках), а именно: 15 – встроенные светильники; 16 – линия из шести (6) светильников типа XYZ, в каждом из которых две лампы (2) мощностью по 40 Вт; 18 – потолочные; 20 – подвесные светильники.

Светильники 15 и линия 16 управляются переключателем 14, с помощью которого можно включить либо оба светильника 15, либо линию 16, либо все светильники рабочего освещения. Четыре светильника 18 имеют общий однополюсный выключатель 12. Светильники 20 управляются переключателем 22, который дает возможность включить либо один средний (I), либо два крайних (II), либо все три светильника одновременно.

В группы № 2 и 3 входят по пять светильников 5 с лампами накаливания для рабочего освещения помещения 2. В каждом светильнике лампа мощностью 500 Вт (числитель), высота подвеса 7 м (знаменатель). У последнего в группе светильника указана потеря напряжения $U = 1,3\%$.

Вначале там, где линии идут рядом, провода АПР-4 (марка АПР, сечение 4 мм²) обеих линий проложены в общей стальной трубе T диаметром 25 мм. Далее проводка выполнена на изоляторах (И).

Группа № 4 питает: штепсельные розетки 4 с защитным (заземляющим или зануляющим) контактом и 3 с выключателем, а также два встроенных светильника 1 с лампами накаливания и общим выключателем 2. Штепсельные розетки 3 и 4 предназначены для скрытой установки.

Группа № 5 питает штепсельные розетки 11 на напряжение 42 В (по старым нормам 36 В). Розетки включены в линию 10 через понижающий трансформатор 9, которая защищена автоматическим выключателем.

Группа № 6 питает наружное освещение, выполненное двумя светильниками 23 с лампами ДРЛ. Светильники установлены на кронштейнах с вылетом 0,5 м (К-0,5). Мощность лампы 300 Вт (числитель), высота установки 10 м (знаменатель). Выключатель 24 двухполюсный со степенью защиты IP44 для скрытой установки.

Группа № 7 предназначена для штепсельных розеток 21 в помещениях 3 и 5.

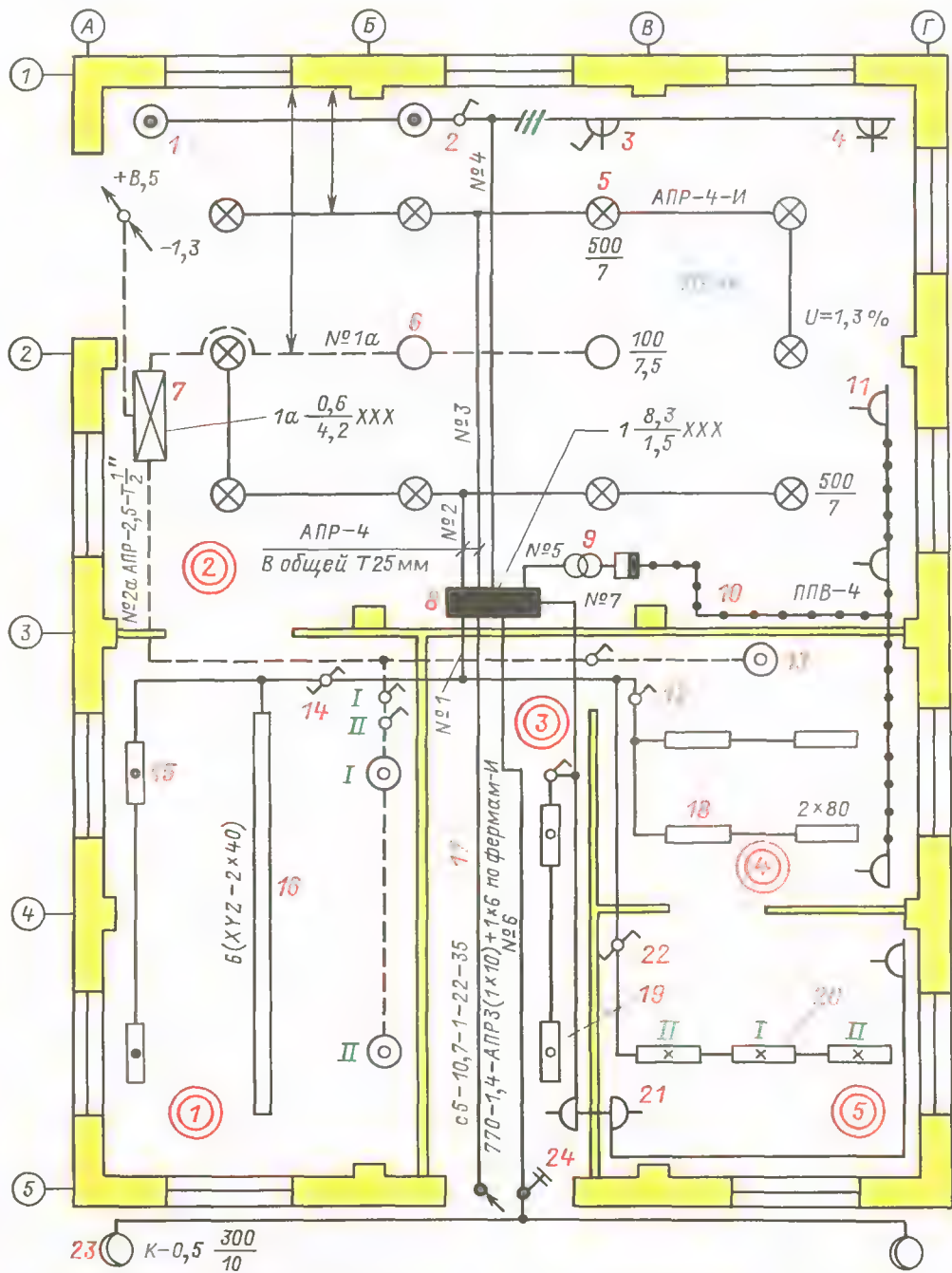


Рис. 3.14. Пример применения обозначений на плане сети электроосвещения. Ряд надписей опущен. Для изображения светильников приняты обозначения, приведенные на рис. 3.6 под номерами 13–20.

и для питания встроенных светильников 19 с люминесцентными лампами в помещении 3.

Аварийное освещение разделено на две группы: № 1а и 2а. Группа № 1а предназначена для помещения 2. Она питает потолочные светильники 6. Мощность лампы в каждом из них 100 Вт, расположены светильники на высоте 7,5 м. Группа № 2а предназначена для настенных светильников 13 в помещениях 1 и 4. **Обратите внимание:** светильники в помещении 1 имеют два выключателя.

Щиток 7 аварийного освещения питает линия, которая приходит снизу с отметки $-1,3$ и уходит вверх на отметку $+8,5$.



Упражнение 3.4

Руководствуясь рис. 3.14, ответить на вопросы. 1. Откуда известно, какие светильники и с какими лампами изображены на плане? 2. Какие надписи опущены у светильников (за исключением надписи у линии 16)? 3. Почему на линии, питающей штепсельные розетки 3 и 4, изображены три черточки (зеленые), а на других линиях черточек нет? 4. Почему на четырехпроводной линии 17 нет черточек, указывающих на количество проводов? 5. Каким проводом выполнена линия 10? 6. Что обозначают римские цифры I и II у выключателей и ламп аварийного освещения

в помещении 1? 7. Что обозначает надпись 70 лк в помещении 2? 8. Светильники 5 и 6 находятся в одном и том же помещении. Почему же на их изображениях указаны разные высоты (7 и 7,5 м)? 9. Как называются размеры 6 и 3,4 м, обозначенные зелеными линиями в помещении 2? Чему равно расстояние между линиями рабочего и аварийного освещения?



Ответы

1. Светильники изображены в стандартных условных обозначениях.

2. Опущены буквы, которыми обозначаются типы светильников.

3. Штепсельная розетка 4 имеет три гнезда. К третьему гнезду присоединен заземляющий (зануляющий) проводник В двухпроводных линиях освещения черточки не ставят.

4. Из надписи у линии $3(1 \times 10) + 1 \times 6$ ясно, что линия четырехпроводная.

5. Линия 10 выполнена двумя (черточек нет) проводами марки ППВ сечением 4 мм^2 .

6. Выключатель I управляет лампой I, выключатель II — лампой II.

7. Это номинальная освещенность, лк, от общего освещения.

8. Подвесные светильники 5 над полом расположены ниже потолочных светильников 6.

9. Это привязочные размеры. Расстояние между линиями рабочего и аварийного освещения $6 - 3,4 = 2,6 \text{ м}$.

Надписи на схемах

4.1. Общие положения.

Зоны и строки.

Основная надпись

Надписи на схемах значительно важнее и сложнее, чем представляется тем, кто не работал со схемами на монтаже, при наладке и эксплуатации. Суть дела состоит в том, что ни одна схема не может быть ни выполнена, ни прочитана без надписей. Речь идет, конечно, не о словесном пересказе содержания схемы. Такой пересказ не только не нужен, но и вреден. Он был бы многословен и расплывчат. *Необходимы краткие надписи, конкретизирующие графические обозначения и дополняющие их такими сведениями, которые не могут быть переданы графически.*

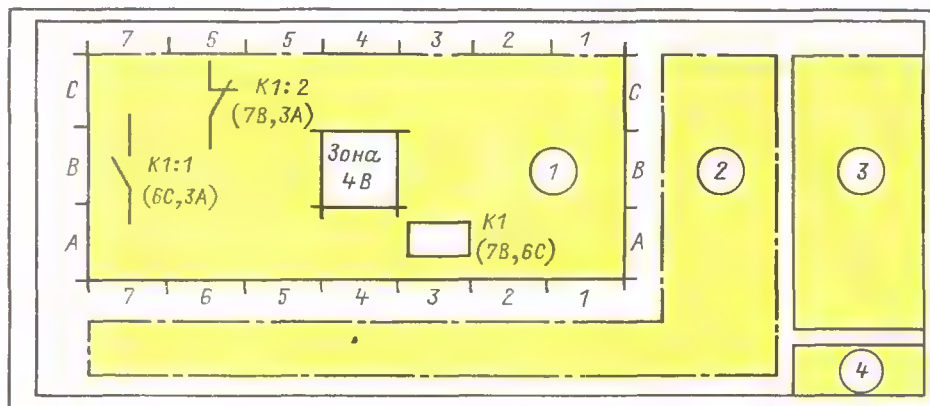
К таким надписям относят: а) позиционные обозначения элементов и устройств, а также таблицы "Перечень элементов"; б) обозначения типов, исполнений в технических характеристиках электрических машин, аппаратов, приборов, комплектных устройств (станции управления, комплектные распределительные устройства и др.); в) маркировка выводов машин, трансформаторов, приборов, коммутационных аппаратов; г) маркировка зажимов и разъёмов; д) обозначения (маркировка) разнотенциальных участков электрических цепей; е) таблицы применимости; ж) нумерация труб, кабелей,

протяжных коробок; з) ссылки на другие схемы, которые следует рассматривать совместно с данной; и) условия действия схемы и примечания; к) расшифровка принятой системы обозначений и маркировки; л) расшифровка обозначений, не являющихся стандартными, если они встречаются в схеме; м) спецификации или ссылки на них; н) обозначения зон, в которых на схеме показаны элементы устройства и их части при разнесенном способе изображения, или нумерация строк (цепей); о) основная надпись. Могут быть и другие надписи, если в конкретных условиях в них возникает необходимость.

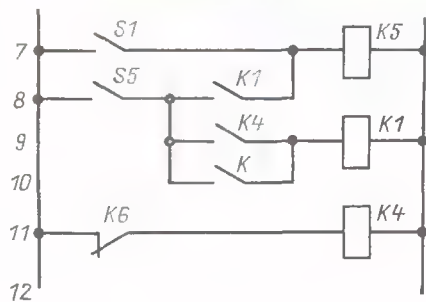
На рис. 4.1,а показано взаимное расположение на чертеже: 1 — собственно схемы, 2 — поясняющих надписей, диаграмм переключений, примечаний и пр., 3 — таблицы "Перечень элементов", 4 — основной надписи (по старой терминологии углового штампа).

Основная надпись указывает наименование объекта (например, насосная станция № 6), назначение схемы (управление насосами № 3–5), ее вид (схема электрическая), тип (принципиальная схема, схема соединений и т. п.), номер схемы, количество листов (например, 2), номер листа (например, 1). Могут быть также указаны: стадия разработки, например Р — рабочие чертежи, шифр схемы, например ЭЗ (схема электрическая принципиальная) и др.

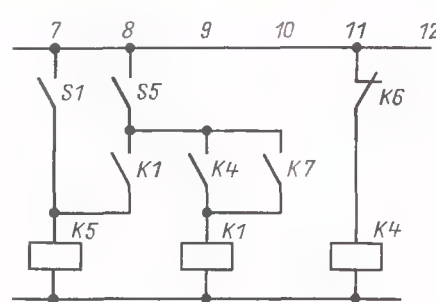
а)



б)



в)



Заметим, что основная и ряд других надписей на чертежах выполняют по СПДС (см. § 1.3).

Забегая немного вперед, подчеркнем, что *ознакомление с любой схемой надо во всех без исключения случаях начинать с чтения основной надписи* (в книге — с подписи к рисунку).

Обозначение зон дает возможность указать, в каком месте схемы находятся части элементов, изображенных разнесенным способом. Суть дела сводится к тому, что поле схемы разделяют на зоны (клетки), подобно шахматной доске (рис. 4.1,а). С этой целью по вертикали пишут буквы А, В, С..., по горизонтали — цифры 1, 2...

Рис. 4.1. Деление схемы на зоны. Нумерация строк (цепей). К упражнению 4.1

Если мысленно провести через вертикальные и горизонтальные границы зон линии, то образуются прямоугольники — зоны. Одна из них — зона 4В (или В4) показана на рис. 4.1,а.

Нумерация строк (цепей) показана на рис. 4.1,б и в. Строки могут быть расположены либо горизонтально (рис. 4.1,б), либо вертикально (рис. 4.1,в); строки нумеруют арабскими цифрами.

Целесообразность деления схемы на зоны и нумерации строк выяснится из упражнения 4.1.

Упражнение 4.1

На рис. 4.1,а приведена выкопировка из схемы, на которой показано только одно реле $K1$. Оно состоит из трех частей: катушки $K1$, которая изображена на схеме в зоне 3А; размыкающего контакта $K1:2$ в зоне 6С и замыкающего контакта $K1:1$ в зоне 7В.

Ответить на вопросы. 1. Что обозначают надписи в скобках? 2. В каких строках расположены части реле $K4$ на рис. 4.1,б? 3. Не глядя на рис. 4.1,в, перерисовать схему рис. 4.1,б так, чтобы строки были расположены вертикально. 4. Нужно ли одну и ту же схему делить на зоны и указывать на ней же номера строк?

Ответы

1. Надписи в скобках показывают, в каких зонах изображены другие части реле $K1$. Например, у изображения в зоне В7 в скобках написало (6С, 3А). Эти надписи указывают на то, что другие части реле показаны в зонах 6С (контакт $K1:2$) и 3А (катушка $K1$). Читателям рекомендуется самостоятельно решить, что должно быть написано в скобках у изображений в зонах 6С и 3А, а затем проверить правильность своих решений, обратившись к рис. 4.1,а.

2. Катушка — в строке 11, контакт — в строке 9.

3. Правильный ответ дан на рис. 4.1,в.

4. Не нужно.

Обратим внимание на то, что надписей на схеме значительно больше, чем использованных в ней графических обозначений. Подчеркнем, что *графические обозначения строго определены государственными стандартами, благодаря чему их различение безусловно исключено*. Но к надписям стандарты предъявляют только самые общие требования, а *способ выполнения надписей устанавливают отраслевые нормативные документы, различные в разных отраслях*.

Убедимся в справедливости сказанного, обратившись к рис. 4.2. На нем приведена

выкопировка из схемы, в которой показано только одно шестиконтактное реле. Его позиционное обозначение $K1$ на рис. 4.2,а повторено 7 раз: 1 раз у катушки и 6 раз у контактов. Точками обозначены их выводы, около которых написаны красные буквы А и В и номера 13, 14 ... 64. Кроме того, все провода, присоединенные к выводам, имеют марки 1, 2 ... 15 и 22 — синие цифры.

На рис. 4.2,б изображено то же самое. Но на рис. 4.2,а строки перенумерованы — зеленые цифры 1—8, а на рис. 4.2,б поле схемы разделено на зоны. Если мысленно провести штрихпунктирные зеленые линии, то будет ясно, что катушка находится в зоне 4А, а контакт $K1$ с выводами 13 и 14 — в зоне 4В.

Под изображением катушки помещена табличка. В ней буквы З и Р соответственно обозначают: замыкающий и размыкающий контакты. На рис. 4.2,а в клетках написаны номера строк (цепей). Из таблички следует, что замыкающие контакты входят в цепи 1, 4—6, а размыкающие — в цепи 3 и 7.

Табличку можно выполнить иначе. Так, на рис. 4.2,а в центре в клетках написаны дроби, где числители — номера строк, а знаменатели — обозначения выводов. Например, в строке 4 показан контакт с выводами 23 и 24. Справа иллюстрирован еще один способ заполнения таблички. Здесь числители — по-прежнему номера строк, а знаменатели — марки проводов, присоединенных к выводам контактов. Следовательно, к контакту в строке 4 присоединены провода 15 и 22.

На рис. 4.2,б в табличках вместо номеров строк указаны зоны, в которых изображены контакты. Так, в зоне 3А показан контакт с выводами 23 и 24 (табличка слева). К этому же контакту присоединены провода 15 и 22 — табличка справа.

Заметим, что все пять табличек, несмотря на некоторые различия, имеют

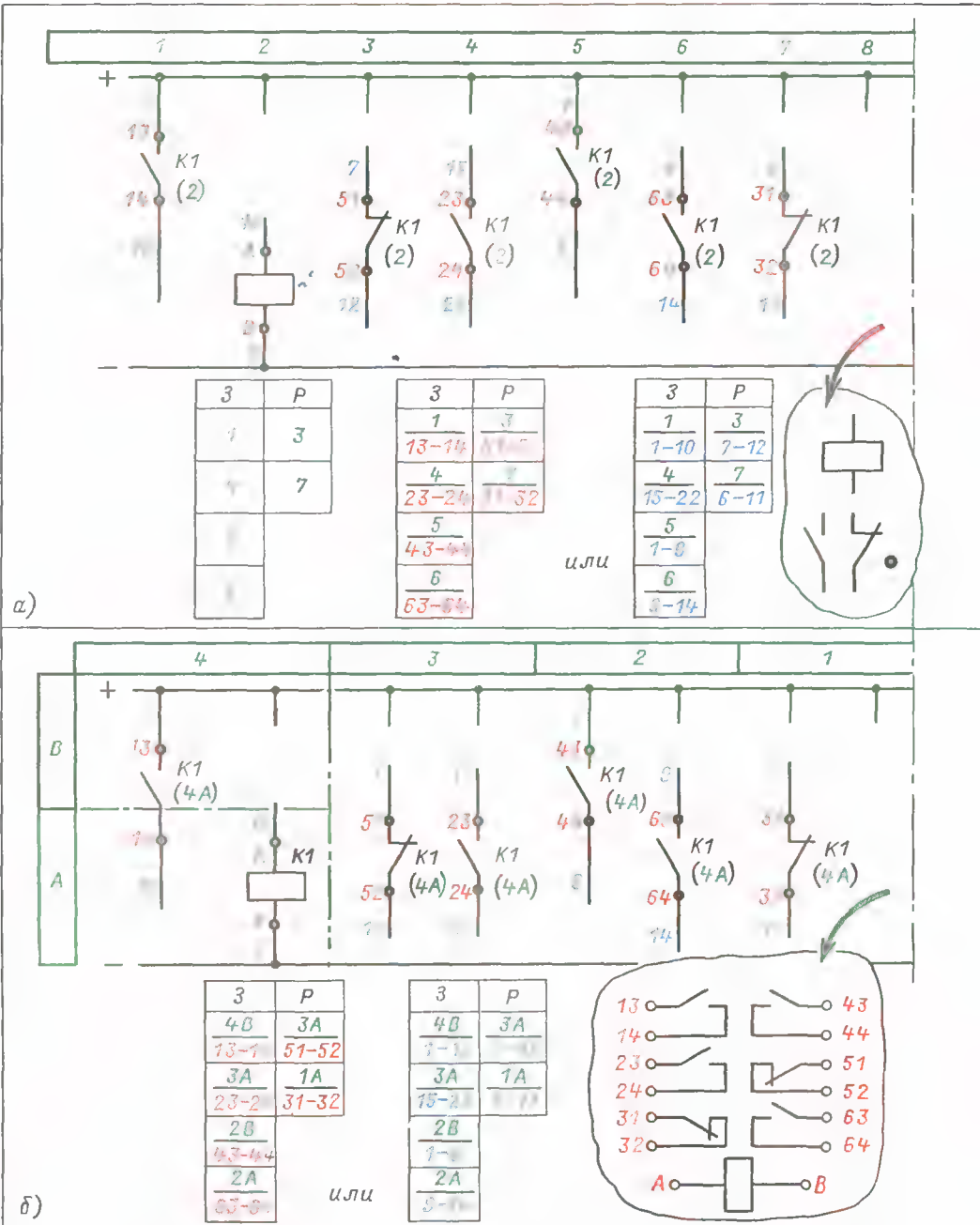


Рис. 4.2. Наиболее распространенные надписи на схемах. К упражнению 4.2

одно и то же назначение, все правильны и все употребительны.

Кроме того, под позиционным обозначением у изображения контактов на рис. 4.2,а в скобках написан номер строки 2, а на рис. 4.2,б — зона 4А, в которой показана катушка.

Допустим далее, что в схему входит не одно, а десять таких же реле, и поставим перед собой вопросы: 1) сколько условных обозначений нужно для их изображения? 2) сколько надписей в схеме с десятью реле? Ответы, на первый взгляд, окажутся неправдоподобными.

1. Условных обозначений нужно всего ч е т ы р е — они изображены на рис. 4.2,а справа и на них указывает красная стрелка. Они простые, не допускают разных толкований, одним словом, в них нельзя ошибиться. 2) Надписей 420, т. е. в 105 раз больше (!), чем условных обозначений: $7 \times 10 = 70$ позиционных обозначений; $7 \times 2 \times 10 = 140$ обозначений выводов; $7 \times 2 \times 10 = 140$ марок проводов; $6 \times 10 = 60$ ссылок на номер цепи (зону), где изображена катушка; 10 табличек. Итого $70 + 140 + 140 + 60 + 10 = 420$.

Выполним упражнение 4.2, чтобы научиться читать таблички, что чрезвычайно важно для работы.

Упражнение 4.2

Обратившись к рис. 4.2, ответить на вопросы. 1. Для чего на схеме приводят эскизы взаимного расположения контактов и катушек (см. на рис. 4.2,б справа)? 2. Правильно ли заполнены таблички? 3. Сколько клеток должно быть в табличке? 4. Сколько столбцов должно быть в табличке, относящейся к магнитному пускателью?



Ответы

1. Эскиз дает возможность определить, где в натуре находится контакт и к какому его вы-

воду присоединен провод, имеющий ту или иную марку. Решают эти вопросы следующим образом. Допустим, нас интересует контакт в строке 4 (в зоне 3А). Из схемы ясны номера его выводов, а именно 23 и 24. Эти же номера имеет на эскизе второй контакт сверху в левом ряду.

По эскизу легко определить, на какие выводы подан "+" и на какие "-". Плюс — марка 1 — подан на верхние выводы контактов 13 и 43. В натуре, естественно, между ними сделана перемычка. Минус — марка 2 — подан на правый конец катушки. В приложении 1 будет показано, насколько важны эти сведения при наладке и эксплуатации. Эскизов должно быть столько же, сколько т и п о в (исполнений) реле использовано в схеме.

2. Правильно. Чтобы в этом убедиться, надо самостоятельно заполнить таблички, а затем сравнить их с табличками на рис. 4.2.

3. В табличке число клеток должно равняться числу контактов. Если какая-либо клетка не заполнена или заполнена не полностью (т. е. содержит, например, номера выводов, но без указания номера строки или зоны), значит, контакт не занят.

4. Три столбца. Один из них относится к контактам в силовой цепи, другой — к замыкающим и третий — к размыкающим контактам.

Перейдем к подробному рассмотрению особенностей надписей на схемах.

4.2. Позиционные обозначения.

Перечни элементов

Прежде чем подробно рассматривать существо дела, подчеркнем, что из многочисленных надписей, которые перечислены в § 4.1, далеко не все могут встретиться в той или иной схеме. Все зависит от ее назначения, т. е. от тех сведений, которые должны быть с помощью схемы переданы. Но в любом случае на схеме должны быть *позиционные обозначения элементов. Без них, равно как и без графических условных обозначений, схема не может быть ни составлена, ни прочитана.*

Позиционные обозначения элементов

Позиционные обозначения элементов строятся в соответствии с ГОСТ 2.710 81

и состоит из прописных латинских или русских (реже) букв и арабских цифр. Его пишут на схемах справа от условного графического обозначения или наоборот (в книге от этого правила из-за недостатка места могут быть отступления) и обязательно в натуре: на панелях, табличках, якорях реле и т. п., но не на съемных крышках, так как крышки легко перепутать.

Позиционные обозначения строят по определенной системе. Она определена стандартом и состоит в следующем.

1. Буквы и цифры расположены в определенном порядке без пробелов и без разделительных знаков между ними.

2. Во всех без исключения случаях написаны буквенный код, обозначающий вид элемента. В простейшем случае он состоит из одной, обязательной, буквы, например *R*, *C*, *H*, *K* и т. п.; в более сложных — из двух букв, например *HA*, *HL*, *KM* и т. п.

3. За буквенным кодом обязательно следует порядковый номер в пределах элементов данного вида, например *R1*, *R2* ... *R15* (резисторы № 1, 2 и 15).

4. Еще правее допускается (но не обяза-

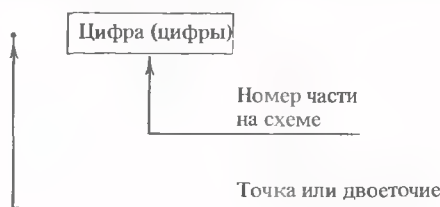
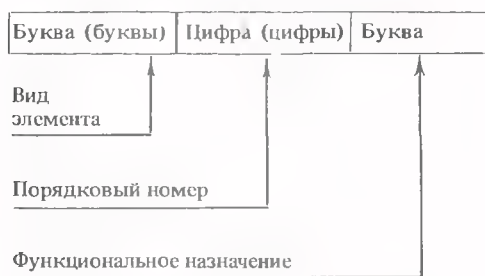
тельно!) писать еще одну или несколько букв, определяющих функциональное назначение элемента. Например, *R2F* — резистор № 2, используемый как защитный (предохранительный) — *F*.

5. После собственно позиционного обозначения может быть поставлена (но не обязательно!) либо точка, либо двоеточие, а за точкой (двоеточием) следует цифра (цифры). Если написана точка, то цифра (цифры) за ней — это номер части элемента (устройства) на схеме (но не в натуре) при разнесенном способе изображения. Например, если части элемента, имеющего позиционные обозначения *KM4*, изображены в трех местах схемы, то их условно нумеруют: *KM4.1* — первая часть, *KM4.2* — вторая часть, *KM4.3* — третья часть.

Обратите внимание: точку можно ставить в любом случае. Если же нужно подчеркнуть, что цифры относятся к контакту, то точку заменяют двоеточием.

Например, *KM4:2* и *KM4:5* соответственно обозначают: второй и пятый контакты элемента *KM4*.

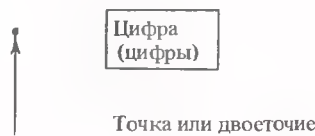
Подводя итоги, можно схематически представить структуру позиционного обозначения элемента следующим образом:



Но может быть проще



Или еще проще



Т а б л и ц а 4.1. Буквенные коды видов элементов

Однобуквенный код	Группы видов элементов и устройств	Примеры	Двухбуквенный код
<i>A</i>	Устройство	Станция управления (блок) Пульт Щит Усилитель	
<i>B</i>	Преобразователь неэлектрических величин в электрические или наоборот	Сельсин-присмник Сельсин-датчик Фотоэлемент Датчик скорости	<i>BE</i> <i>BC</i> <i>BL</i> <i>BV</i>
<i>C</i>	Конденсаторы	—	
<i>D</i>	Схемы интегральные, микросборки	Логический элемент Устройство задержки	<i>DD</i> <i>DT</i>
<i>E</i>	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная	<i>EK</i> <i>EL</i>
<i>F</i>	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Предохранитель плавкий Разрядник	<i>FU</i> <i>FV</i>
<i>G</i>	Генераторы, источники питания	Батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Устройства индикаторные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Прибор световой сигнализации	<i>HA</i> <i>HL</i>
<i>K</i>	Реле, контакторы, пускатели	Реле указательное — токовое — электротепловое — времени — напряжения Контактор, магнитный пускатель	<i>KH</i> <i>KA</i> <i>KK</i> <i>KT</i> <i>KV</i> <i>KM</i>
<i>L</i>	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигатели	—	
<i>P</i>	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр Частотомер Счетчик активной энергии реактивной энергии Омметр Вольтметр Ваттметр	<i>PA</i> <i>PF</i> <i>PI</i> <i>PK</i> <i>PR</i> <i>PV</i> <i>PW</i>
<i>Q</i>	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т. п.)	Выключатель автоматический Разъединитель Короткозамыкатель	<i>QF</i> <i>QS</i> <i>QK</i>
<i>R</i>	Резисторы	Терморезистор Потенциометр	<i>RK</i> <i>RP</i>
<i>S</i>	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный — автоматический Выключатели, срабатывающие: от уровня давления положения (путевой) температуры	<i>SA</i> <i>SB</i> <i>SF</i> <i>SL</i> <i>SP</i> <i>SQ</i> <i>SK</i>

Продолжение табл. 4.1

Однобуквенный код	Группы видов элементов и устройств	Примеры	Двухбуквенный код
<i>T</i>	Трансформаторы и автотрансформаторы	Трансформатор тока - напряжения Электромагнитный стабилизатор	<i>TA</i> <i>TV</i> <i>TS</i>
<i>U</i>	Устройства связи. Преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор Преобразователь частотный инвертор, генератор частоты, выпрямитель	<i>UB</i> <i>UZ</i>
<i>V</i>	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	<i>VD</i> <i>VL</i> <i>VT</i> <i>VS</i>
<i>W</i>	Линии и элементы СВЧ. Антенны	—	—
<i>X</i>	Соединения контактные	Гокосъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборное	<i>XA</i> <i>XP</i> <i>XS</i> <i>XT</i>
<i>Y</i>	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	<i>YA</i> <i>YB</i> <i>YC</i> <i>YH</i>
<i>Z</i>	Устройства оконечные, фильтры, ограничители		

Именно такие, простые, обозначения наиболее распространены.

Забегая немного вперед (чтобы в одном месте сразу иллюстрировать все возможные случаи), рассмотрим еще одну структуру составного обозначения, а именно:

$\neq$ — или $\neq$
—

Здесь знаки $\neq$ (не равно) и — (минус) — это к в а л и ф и ц и р у ю щ и е с и м в о л ы (подробнее см. ниже). Они соответственно указывают на то, что в первом прямоугольнике слева обозначена ф у н к ц и о н а л ь н а я г р у п п а (например, номер управляемого механизма), а во втором

собственно позиционное обозначение. Проще всего понять суть дела, сопоставив записи так: $\neq 4 - SBI$; $\neq 9 - SBI$; $\neq 17 - SBI$. Из них следует, что в одинаковых схемах трех механизмов, а именно в схемах механизмов № 4, 9 и 17, использован выключатель кнопочный *SBI*.

Буквенные коды видов элементов образуются по указаниям стандарта, где они сведены в таблицу. Извлечение из нее в книге приведено в табл. 4.1.

Обратим внимание на следующее. Буквенные коды, приведенные в табл. 4.1, не исчерпывают всего, что может встретиться в конкретной схеме. В этом случае их дополняет разработчик, но он обязан дать необходимые пояснения. 2. Не допу-

Таблица 4.2. Буквенные коды для указания функционального назначения элементов

Буквенный код	Функция элемента (устройства)
<i>A</i>	Вспомогательный
<i>B</i>	Направление движения (вперед, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке, против часовой стрелки)
<i>C</i>	Считывающий
<i>D</i>	Дифференцирующий
<i>F</i>	Защитный
<i>G</i>	Испытательный
<i>H</i>	Сигнальный
<i>J</i>	Интегрирующий
<i>K</i>	Толкающий
<i>M</i>	Главный
<i>N</i>	Измерительный
<i>P</i>	Пропорциональный
<i>Q</i>	Состояние (старт, стоп, ограничение)
<i>R</i>	Возврат, сброс
<i>S</i>	Запоминание, запись
<i>T</i>	Синхронизация, задержка
<i>V</i>	Скорость (ускорение, торможение)
<i>W</i>	Сложение
<i>X</i>	Умножение
<i>Y</i>	Аналоговый
<i>Z</i>	Цифровой

сается применять буквы *I* и *O*, а также сочетание букв *PE*.

Очень важно не усложнять код без необходимости. Это значит, что в тех случаях, когда можно обойтись однобуквенным кодом, не нужно применять более сложный двухбуквенный. Например, если схема содержит несколько магнитных пускателей, но в ней нет ни одного реле, то магнитные пускатели обозначают одной *K* (*K1*, *K2*, *K3*), а не двумя *KM* (*KM1*, *KM2*, *KM3*) буквами. И наоборот, если в схеме есть и магнитные пускатели, и реле, то приходится магнитные пускатели обозначать двумя буквами *KM* (*KM1*, *KM2*, *KM3*), а реле — одной буквой *K* (*K1*, *K2*, *K3*).

Буквенные коды функционального назначения элементов в схемах электроустановок применяются редко. Тем не менее читателям полезно иметь о них понятие.

Дело в том, что с этими кодами можно встретиться в вычислительной технике, схемах, построенных на логических элементах и аналогичных устройствах, все шире внедряющихся в схемы управления, автоматики, телемеханики, защиты и т. п. Эти коды приведены в табл. 4.2.

Рассмотрим несколько примеров, выполнив упражнения 4.3 и 4.4.

Упражнение 4.3

На рис. 4.3 приведены фрагменты схем, на которых даны типичные примеры позиционных обозначений элементов. Буквенные коды видов элементов заимствованы из табл. 4.1 и выделены красным. Порядковые номера элементов — зеленые. Буквенные коды, указывающие функциональное назначение элементов, заимствованы из табл. 4.2; они выделены синим. Ошибочные обозначения обведены волнистой линией.

Ответить на вопросы. 1. Что изображено на рис. 4.3,а? Откуда это известно? Благодаря чему появилась возможность использовать в схеме однобуквенные коды? 2. Что вынудило для позиционного обозначения лампы на рис. 4.3,б применить не однобуквенный (как на рис. 4.3,а), а двухбуквенный код *HL*? Сколько кнопочных выключателей изображено на схеме: один или два? 3. На что указывает буква *N* в обозначении резисторов на рис. 4.3,в? 4. На рис. 4.3,г показан вольтметр, а рядом с его графическим обозначением (окружность, в которую вписана буква *V*) дано позиционное обозначение *PV6*; из него явствует, что это вольтметр № 6. Не правильно было бы опустить позиционное обозначение *PV6*, а в графическое обозначение просто ввести цифру 6 (см. обведенное волнистой линией)? 5. Каким свойством обладает контакт *SL4* на рис. 4.3,з? 6. Буква *F* в позиционном обозначении (рис. 4.3,д) резистора указывает на его защитную функцию (см. табл. 4.2). В чем она проявляется; иными словами, что, от чего и как защищает этот резистор? 7. На рис. 4.3,д и е даны одинаковые схемы двухполупериодного выпрямления переменного тока. Но в позиционных обозначениях диодов на рис. 4.3,д использован двухбуквенный код *VD*, а на рис. 4.3,е — однобуквенный *V*. О чем это говорит?

Ответы

1. На рис. 4.3,а изображены выключатель $S1$, резисторы $R1$ $R12$ и сигнальные лампы $H1$ $H12$. Штриховая линия между резисторами указывает на то, что аналогичные цепи на схеме повторяются 12 раз, но показаны только крайние из них. В схеме есть только сигнальные лампы, но нет других сигнальных приборов. Следовательно, достаточно кода из одной обязательной буквы H (см. табл. 4.1).

2. На рис. 4.3,б изображены два вида сигнальных устройств: лампа и гудок. Значит, одной, обязательной буквы H недостаточно: пришлось применить для лампы двухбуквенный код HL , а для гудка — код HA .

В схеме показан один двухконтактный выключатель. Это явствует из того, что у обоих его контактов написан одно и то же позиционное обозначение $SB5$.

3. На рис. 4.3,в показан вольтметр с двумя пределами измерений; предел устанавливают переключателем $SB3$, который в левой позиции вводит в цепь вольтметра резистор $R7N$, а в правой — резистор $R8N$. Сопротивления резисторов различны, благодаря чему пределы измерения изменяются. Буква N указывает функцию и о н а л и н о е название резисторов, а именно резисторы измерительные (см. табл. 4.2).

4. Рисунок 4.3,г иллюстрирует грубую ошибку, состоящую в том, что буква V (A , W и др.), которые вписаны в изображения приборов, т. е. в окружности, квадраты), принимают за их позиционные обозначения. На этом основании к ним "просто прибавляют" порядковые номера (см. ошибочное обозначение, обведенное волнистой линией). Дело в том, что эти буквы (V , A , W и др.) входят в состав условного графического обозначения и не имеют ничего общего с позиционным обозначением. В нашем случае у изображения вольтметра совершенно необходимо написать его позиционное обозначение $PV6$, что и выполнено.

Заметим кстати, что такие же ошибки допускают при изображении электрических машин, т. е. дописывают порядковые номера к буквам M (двигателя), G (генератор), TX (селекционный датчик поворота) и т. д.

5. На рис. 4.3,г показан контакт выключателя, срабатывающий от уровня (см. табл. 4.1).

6. Рисунок 4.3,г иллюстрирует схему контактора $K1$, для включения которого требуется больший ток, чем допустим при длительном

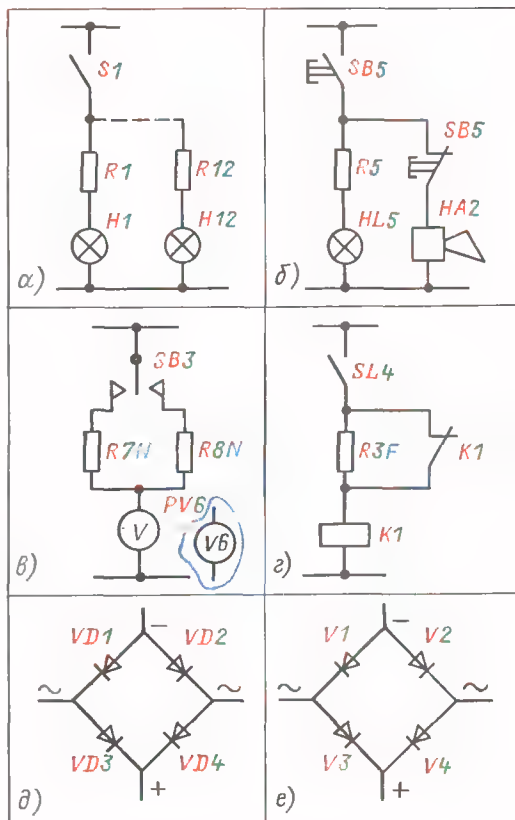


Рис. 4.3. Позиционные обозначения элементов.
К упражнению 4.3

включении катушки. Чтобы длительный ток ограничить, последовательно с катушкой вводят резистор $R3F$. Он не мешает включению, так как до тех пор, пока контактор отключен, резистор замкнут разомкнувшим контактом контактора. Одним словом, резистор защищает катушку от перегрева благодаря тому, что ограничивает в длительном режиме проходящий через нее ток.

7. Применение на рис. 4.3,д двухбуквенного кода свидетельствует о том, что в схеме, фрагмент которой приведен, есть и другие полупроводниковые приборы, например транзисторы, или электровакуумные приборы. В схеме на рис. 4.3,е нет других полупроводниковых прибо-

ров, кроме диодов. Следовательно, в данном случае двухбуквенный код не нужен.

Функциональные группы.

Устройства

Упражнение 4.4

(Рис. 4.4). В схему управления электродвигателем *M5* вентилятора входят элементы: рубильник *Q5*, контактор *KM5*, два электротепловых реле *KK1* и *KK2*, выключатели кнопочные *SB3* ("Стоп") и *SB4* ("Пуск"). Кроме того, в схеме есть реле *K2*, которое срабатывает при включении контактора *KM5*, если включено реле *K7*. Обратите внимание: к позиционному обозначению реле *K2* после двоеточия добавлены черные цифры *1* и *3*.

Ответить на вопросы. 1. Почему позиционное обозначение *Q5* написано 1 раз, а позиционное обозначение *KM5* 6 раз? 2. Позиционное обозначение *KM5* написано у каждого контакта в цепи электродвигателя. Не являются ли две из трех надписей лишними? Как нужно изобразить эти контакты, чтобы обойтись одной надписью? 3. На схеме написано *K2:1* и *K2:3*. Не значит ли это, что на схеме изображены части двух аппаратов. А если это один аппарат, то каково его позиционное обозначение? О чем говорят цифры *1* и *3*? 4. Не следовало бы у изображения каждого предохранителя писать *F5*?

Ответы

1. Рубильник *Q5* показан совмещенным способом — между его контактами изображена линия механической связи (две параллельные линии). Значит, позиционное обозначение надо писать 1 раз. Части контактора *KM5* изображены разнесенным способом. Следовательно, у каждого из них должно быть повторено позиционное обозначение.

2. Все надписи нужны. Но можно обойтись и одной надписью. Для этого надо между контактами *KM5* изобразить линию механической связи.

3. Как было объяснено выше, цифры после двоеточия — это номера контактов аппарата, который на схеме показан разнесенным способом. Значит, *K2:1* и *K2:3* — это не два позиционных обозначения двух аппаратов. Аппарат один и его позиционное обозначение *K2*.

4. Достаточно одной надписи *F5*, так как совершенно ясно, что показан комплект предохранителей.

Группа элементов, выполняющих определяющую функцию, но не объединенных в единую конструкцию, называется функциональной группой. Например, на рис. 4.4 функцию управления механизмом совместно выполняют элементы: *Q5*, *KM5*, *KK1*, *KK2*, *M5*, *SB3* и *SB4*.

Некоторые из них, а именно *Q5*, *KM5*, *KK1* и *KK2*, смонтированы на асбоцементной плите, т. е. конструктивно объединены, поэтому они составляют устройство. Обратите внимание: в функциональной группе больше элементов, чем в устройстве; в него не входят ни двигатель *M5*, ни кнопочные выключатели *SB3* и *SB4*. Значит, устройство в нашем случае — это только часть функциональной группы; оно называется функциональной частью.

Типичные примеры устройств: блок, плата, шкаф управления, щит питания, механизм, например электропривод выключателя, и т. п. К устройствам могут быть отнесены приборы и аппараты, предназначенные для определенной цели, например манометры с электрическими выходными сигналами, электронные реле времени и т. п.

Важно отдать себе отчет в следующем. Устройства можно разделить на две большие группы. К одной из них относятся те, которые имеют самостоятельную принципиальную схему, предназначены для определенной цели и применяются в строгом соответствии с этой схемой. К ним относятся: блоки управления электродвигателями, стабилизированные источники питания, электронные реле времени и т. п. Другую группу представляют устройства, не имеющие самостоятельной принципиальной схемы, как, например, световое

1. Сплошной желтой линией выделено устройство, имеющее самостоятельную принципиальную

схему. Его позиционное обозначение *A4*. Оно состоит из двух частей: *A4.1* и *A4.2*. Контурь выполнены правильно. В этом легко убедиться, проверив, что все части элементов, составляющие устройство, оказались в контурах.

2. Этот контакт принадлежит устройству, которое не имеет самостоятельной принципиальной схемы. На рис. 4.4 показана его пятая часть (после точки стоит цифра 5). Устройство присвоено составное обозначение $\neq 13-A7$. В нем *13* — обозначение функциональной группы, *A7* — позиционное обозначение. Остальные части устройства показаны на схеме № ...

3. Могут. Например, рубильник и предохранитель установлены на щите питания (одно устройство), магнитный пускатель, электротепловые реле и выключатели кнопочные — в ящике управления (другое), переключатель режимов управления — на пульте управления (третье) и т. д.

4. Могут. Например аварийные выключатели, датчики технологического контроля и т. п.

Перечни элементов

Перечень элементов — это таблица установленной формы. Ее помещают либо на первом листе схемы (если она выполнена на нескольких листах) над основной надписью (см. рис. 4.1), либо на отдельных листах. Если поле схемы разбито на зоны (строки), то перечень элементов дополняют графой "зона" ("строка"). Последовательность записей в перечне определена стандартом.

Не вдаваясь в детали составления перечней, рассмотрим несколько примеров, чтобы научиться читать перечни.

Предупредим читателей о том, что: 1) примеры "не привязаны" к конкретным схемам; они лишь иллюстрируют типичные записи; 2) записи сокращены по сравнению с теми, которые помещают в перечнях, а ссылки на ГОСТ или другие документы, например на технические условия (ТУ), условны; 3) фрагменты перечней для удобства ссылок на них названы таблицами.

Рассмотрим и сравним табл. 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3. Перечень элементов.
Первый способ

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Резисторы			
<i>R1</i>	МЛТ-0,5—300 кОм $\pm 5\%$ ГОСТ ...	1	—
<i>R2-R5</i>	ПЭВ-10—6 кОм $\pm 10\%$ ГОСТ .	4	—

Таблица 4.4. Перечень элементов.
Второй способ

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Резисторы МЛТ ГОСТ ... Резисторы ПЭВ ГОСТ ...			
<i>R1</i>	МЛТ-0,5—300 кОм $\pm 5\%$	1	
<i>R2-R5</i>	ПЭВ-10—6 кОм $\pm 10\%$	4	

В них записано одно и то же, но разными способами.

Первый способ (табл. 4.3). После общего подчеркнутого заголовка "Резисторы" следуют строки, в которых изделия сгруппированы по типам и исполнениям. Прочитаем первую строку. Из нее следует, что тип резистора *R1* — МЛТ. Его номинальная рассеиваемая мощность 0,5 Вт, сопротивление 300 кОм $\pm 5\%$. Резистор выполнен по ГОСТ ... Вторая строка относится к четырем резисторам (*R2-R5*) типа ПЭВ, номинальной мощностью 10 Вт, сопротивлением 6 кОм $\pm 10\%$ по ГОСТ ...

Второй способ (табл. 4.4). Номера ГОСТ вынесены в заголовок. Поэтому в последующих строках они не повторяются, благодаря чему записи в них получились короче.

Рассмотрим фрагмент перечня элементов сложной схемы (табл. 4.5), поле которой разделено на зоны, а элементы в перечне распределены по группам, в нашем примере: щит № 1; элемен-

Т а б л и ц а 4.5. Перечень элементов сложной схемы

Зона	Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Щит № 1				
11B, 12A	K13, K14 SB1	Реле МКУ48-С РАЧ.509.023 П	2	—
		Пост КУ-11У2, горизонтальное положение, ТУ 16 ...	1	—
2D	PA1 ≠ 4, ≠ 9	Амперметр Э335, 600 А, ТУ ...	1	600 А
		Элементы управления электродвигателями M4 и M9		
4C	HL1 - HL3	Табло ТСМ-III-У3-01	3	Лампа Ц220-10
*	KT1 - KT3	Реле РВП172-3222-00У4-220/50, ТУ 16-523.472-79	3	См. Технические требования п. 4
Щит управления				
2C	A5	Панель управления, черт. №..., на которой установлены:		
	K1 - K4	Реле промежуточные РПУ-2-362003, 220 В	4	
	KM1, KM2	Пускатели магнитные ПМЕ-222 2		
		Выключатели пакетные:		
	SA3	ПВ3-60	1	
	SA4	ПВ3-10	1	
	≠ 15, = 16	Элементы управления электродвигателями M15 и M16		
4B	A2	Блок управления БУ5447-03ГЗИ	2	
Аппаратура по месту				
5C	HA5	Звонок ЗВП220 ТУ 16-739.059-72	1	
2A, 2B	M7, M8	Электродвигатель 10 кВт, 380 В, 1500 об/мин	2	По документации марки ...
5D	SL1	Реле поплавковое РМ-51, ТУ 205.43-75Е	1	Поз. 15
Технические требования ... п. 4: KT1/1A, KT2/4C, KT3/4D				

ты управления электродвигателями M4 и M9; щит управления; элементы управления электродвигателями M15 и M16; аппаратура по месту. Наименования групп подчеркнуты.

На щите № 1 установлены: два реле K13 и K14 типа МКУ48-С (паспорт РАЧ.509.023П). Их катушки на схеме изображены в зонах 11B и 12A соответственно; пост SB1 типа КУ-11У2 и амперметр PA1, показанный в зоне 2D.

Далее следует заголовок "Элементы управления электродвигателями M4 и M9", а в графу "Позиционное обозначение"

записаны не элементы, а обозначения функциональных групп ≠ 4 и ≠ 9, в которые они входят. Не указана также зона. Естественно, возникают вопросы: 1) Почему не указана зона? 2) Почему в перечень элементов введены обозначения не элементов, а функциональных групп? Ответим на них.

1) Зона не указана потому, что надписи ≠ 4 и ≠ 9 относятся не к какому-либо одному элементу, а ко всем элементам, перечисленным в последующих строках, в нашем примере HL1 - HL3, KT1 - KT3, а они изображены в разных зонах.

2) Второй вопрос сложнее. Дело в том,

что одна и та же схема относится не к одной, а к двум функциональным группам. Из-за этого на схеме у изображения элементов и их частей приходится писать не просто позиционное, а составное обозначение. В нашем случае надо писать не $M4$ и $M9$, а $\neq M4$ и $\neq M9$ соответственно. Так, на схеме управления электродвигателем $M4$ пишут $\neq 4 - HL1$, $\neq 4 - HL2$, $\neq 4 - HL3$, $\neq 4 - KT1$, $\neq 4 - KT2$, $\neq 4 - KT3$, а на схеме управления двигателем $M9$ соответственно $\neq 9 - HL1$, $\neq 9 - HL2$, $\neq 9 - HL3$, $\neq 9 - KT1$, $\neq 9 - KT2$, $\neq 9 - KT3$.

Обратимся к записи элементов $KT1 - KT3$. Она относится к трем изделиям, которые изображены в разных зонах. В таких случаях можно было бы занять три строки перечня (по одной строке для каждого изделия) и указать соответствующие им зоны. Но обычно поступают иначе: в графе "Зона" ставят звездочку *, а в графе "Примечание" указывают: см. Технические требования п... . В нашем примере $KT1$ находится в зоне $1A$, $KT2$ - в зоне $4C$, $KT3$ - в зоне $4D$. Это следует из того, что в числителе написано позиционное обозначение, а в знаменателе - зона.

Устройство $A5$ - это панель управления, изготовленная по черт. № ..., на которой установлены: реле промежуточные $K1 - K4$, пускатели магнитные $KM1$ и $KM2$, выключатели пакетные $SA3$ и $SA4$. Устройство $A2$ - готовое изделие - блок управления типа БУ5447-03ГЗИ. Оно в перечень элементов записано одной строкой, без расшифровки.

По месту установлены: звонок $HA5$, электродвигатели $M7$ и $M8$ и реле поплавковое $SL1$ типа РМ-51 по ТУ 205 43-75Е. Обратим внимание на графу "Примечание". В ней указано, что электродвигатели $M7$ и $M8$ выбраны и заказаны не по этому проекту, а по документации марки ... Такой случай характерен, например, для схем автоматизации, энергетическая часть которых выполняется на субподряд-

ных началах другой организацией (или другим отделом проектной организации).

В примечании к $SL1$ написано "Поз. 15". Это номер позиции спецификации средств автоматизации.

Важное замечание. Форма перечня элементов (см. табл. 4.3-4.5) установлена стандартом. Но в нем же сказано, что в перечень элементов допускается вводить дополнительные графы. И такое допущение имеет глубокий смысл. Дело в том, что схемы входят в систему ЕСКД и, следовательно, подчинены в основном нуждам и з г о т о в и т е л е й электроустановок, а не наладчиков и не эксплуатационников. В перечне указаны типы, номера стандартов и технических условий, наименования документов и общее количество однотипных изделий. Все это необходимо конструкторам. Но эксплуатационнику важно знать другое: для чего служит каждое изделие. Перечень элементов не дает ответа на этот вопрос. Поэтому наладчики и эксплуатационники в ряде случаев в ы н у ж д е н ы либо дополнять проектный перечень, либо перестраивать его, приводя к виду, удобному для эксплуатации. В результате должна получиться таблица, содержащая примерно следующие графы.

1. Позиционное обозначение, например $SI1$.
2. Наименование и назначение - переключатель выбора режима управления.
3. Тип - УПИ5312-С128.
4. Место установки - станция управления.
5. Техническая характеристика - исполнение открытое, фиксация рукоятки в положениях через 45° .

Рассмотрим еще один типичный пример.

1. Позиционное обозначение - $K2$.
2. Наименование и назначение - реле промежуточное контроля температуры. Притянуто при температуре 50°C и ниже.
3. Тип - РПУ-2-362013, 220 В.

4. Место установки – щиток сигнализации.

5. Техническая характеристика 23+1П (два замыкающих контакта и один переключающий).

Обратим внимание на то, что в "эксплуатационных таблицах", которые иногда называют экспликациями (разъяснениями), перечисляют не только те элементы, которые включены в данную схему (как делают согласно стандарту в проектах), но и элементы других схем, частично использованные в данной.

Полный состав буквенно-цифровых обозначений, применяемых в электрических схемах

Рассмотренные выше позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп наиболее распространены в схемах электроустановок. Но кроме них в сложных схемах, например в схемах вычислительной техники, применяют более сложные, составные буквенно-цифровые обозначения. Читателям они могут встретиться. Поэтому, не вдаваясь в детали, сообщим о них основные сведения

Типы условных обозначений. В зависимости от назначения и характера передаваемой информации стандарт устанавливает следующие типы условных обозначений:

а) обозначение высшего уровня, например позиционное обозначение устройства, записанное в перечень элементов, или же обозначение типа изделия;

б) обозначение функциональной группы передает, как правило, информацию о функциональном назначении группы элементов, обозначающих функциональную группу, примеры даны ниже;

в) обозначение конструктивного расположения (конструктивное обозначение) указывает место расположения элемента или устройства в изделии;

г) позиционное обозначение присваивается каждому элементу и устройству и содержит информацию о виде элемента (см. табл. 4.1), его порядковый номер среди элементов дан-

Т а б л и ц а 4.6. Классифицирующие символы

Тип условного обозначения	Классифицирующий символ	Наименование применяемого знака
а) Обозначение высшего уровня	=	Равно
б) Обозначение функциональной группы	≠	Не равно
в) Обозначение конструктивного расположения	+	Плюс
г) Позиционное обозначение элемента	—	Минус
д) Обозначение электрического контакта	:	Двосточие
е) Адресное обозначение	()	Обозначение заключается в круглые скобки

ного вида и, при необходимости, указание о функции, выполняемой данным элементом (см. табл. 4.2). Позиционные обозначения элементов являются в любой схеме обязательными. Они подробно рассмотрены выше;

д) обозначение электрического контакта - условное обозначение, присвоенное электрическому контакту (выводу) элемента или устройства;

е) адресное обозначение указывает место на конструкторском документе (но не в натуре!), в котором содержится изображение (на схеме или чертеже) или описание (в таблице) соответствующего элемента (устройства), функциональной группы.

Составное обозначение может состоять из двух и более (но не более шести) условных обозначений различного типа; оно передает совокупность сведений, содержащихся в условных обозначениях, входящих в его состав. Перед каждым условным обозначением, входящим в составное, написан классифицирующий символ, т. е. специальный знак, указывающий тип условного обозначения (табл. 4.6).

Структура наиболее полного составного обозначения, т. е. обозначения, содержащего все шесть типов обозначений, выглядит следующим образом:

$$= \boxed{a} \neq \boxed{\delta} + \boxed{\theta} - \boxed{z} : \boxed{\partial} (\boxed{e})$$

где буквы *a-e* соответствуют типам условных обозначений в табл. 4.6.

Составные обозначения записывают либо в строку, как сделано выше, либо в столбец

=	a
≠	b
+	b
-	c
:	d
	(e)

Примеры обозначений разных типов. Функциональные группы: *Ф* — фильтр; *УПЧ* — усилитель промежуточной частоты; *ТJK* — триггер; $\neq 27$. Обратите внимание: при обозначении функциональной группы только цифрами перед ними обязательно ставит классифицирующий символ $\neq$.

Конструктивные обозначения указывают место в изделии. Примеры.

+C24 (ряд C, колонка 24);

+5.17 (ряд 5, колонка 17). Заметьте: цифры 5 и 17 имеют самостоятельные смысловые значения. Поэтому они разделены точкой. Обозначение +C24 состоит из буквы и цифры, следовательно, точка между ними может быть опущена.

+204 — место № 204.

+B.2 — зона B, вторая часть.

+2.05.4B12 — стойка 2, рама 0,5, панель 4, плата B12.

Адресные обозначения. Примеры:

- R(E) — резистор R изображен в ряду E.

- C4(06) — конденсатор C4 изображен в колонке 06.

- A2(B12) — устройство A2 изображено в зоне B12.

- D61(3.E8) — микросхема D61 изображена на третьем листе в зоне E8. Обратите внимание: "адрес" указан в круглых скобках.

Составное обозначение (пример) =YU5 $\neq$ T18 + 20 - K4:12 (14.6 + 15:2) указывает, что контакт 12 (классифицирующий символ :) реле K4 (классифицирующий символ -), расположенного на месте 20 (классифицирующий символ +) в функциональной группе T8 (классифицирующий символ $\neq$), входящий, в свою очередь, в устройство YU5 (классифицирующий символ =), соединен с контактом 2 (классифицирующий символ :), который расположен на

месте 15 и изображен на шестом листе принципиальной схемы I-4.

Примечание. В рассмотренном выше примере в качестве обозначения высшего уровня использован тип устройства, а именно YU5.

В некоторых случаях классифицирующие символы опускают, если, конечно, отсутствие квалифицирующего символа не изменяет смысла обозначения. Например, вместо $\neq A3 - R5$ пишут A3 - R5, что следует читать так: резистор R5 входит в устройство A3.

Важное замечание. Как следует из приведенных выше примеров, правильно применить и прочесть буквенно-цифровые обозначения довольно сложно. Исключения составляют позиционные обозначения простые, достаточно определенные и подробно рассмотренные выше. Отсюда следует, что разработчик схемы обязан дать четкие указания о системе примененных обозначений, иначе не исключены серьезные ошибки.

С какими позиционными обозначениями можно встретиться на практике

Все, что написано выше о позиционных обозначениях и перечнях элементов, соответствует стандартам, действующим ко времени выхода книги. Но в схемах, выпущенных раньше и не утративших своего значения, как, например, в исполнительной документации, а также во многих хороших и полезных книгах можно встретиться с другими позиционными обозначениями и другой формой перечней элементов. Сообщим читателям об их особенностях.

1. В позиционных обозначениях применялись не латинские, а прописные и строчные русские буквы. Они до некоторой степени отражали особенности и свойства элементов. Примеры: P — реле; PP — реле промежуточное; PB — реле времени; PY — реле ускорения; MP — магнитный пускатель; K — контактор; Tr — трансформатор; Пр — предохранитель; CD — сопротивление (резистор) добавочное; CP — секционный разъединитель; KЗ —

короткозамыкатель; *АБ* — аккумуляторная батарея и т. п.

2. Порядковые номера элементов, так же как и в настоящее время, обозначали арабскими цифрами, но их помещали не после буквенного кода, а перед ним. П р и м е р ы: *2Р* — второе реле; *4РВ* — четвертое реле времени и т. п.

3. В некоторых случаях цифры ставили не только перед буквенным кодом, но и после него, но при этом цифры имели уже иной смысл. Примеры: *СПП1* — первый (*1*) повторитель промежуточного реле (*РП*) номер пять (*5*); *СПП2* — второй повторитель (*т. е.* повторитель повторителя) реле *СПП*; *СПП3* — третий повторитель¹.

4. Следует заметить, что и в настоящее время по сложившейся традиции (и в соответствии с некоторыми отраслевыми нормативными документами) некоторые устройства обозначают русскими буквами.

Выделение устройств на схемах. Как объяснено выше (см. рис. 4.4), элементы, составляющие устройство, на схеме выделяют контурами из сплошных или штрихпунктирных линий, в зависимости от того, имеет оно самостоятельную принципиальную схему (сплошные линии) или же не имеет ее (штрихпунктирные линии). Но это общее положение в различных проектно-конструкторских организациях трактуют по-разному.

В одних организациях контуры просто опускают, но в примечаниях перечня элементов указывают, в какое устройство входит элемент.

В других — контурами выделяют только основные устройства, например блоки управления.

В третьих организациях к делу подходят формально: если элементы объединены в конструкцию (смонтированы на общей плате), значит, получилось устройство. А раз это устройство, то входящие в него элементы надо заключать в контур. Простой пример, допустим, в схеме 30 элементов. Они смонтированы на пяти платах, т. е. образуют $30:5 = 6$ устройств. Каждое из них при разнесенном изображении состоит графически из трех частей. Всего частей $6 \times 3 = 18$. И на схеме появляются 18 контуров.

Однако в схемах, состоящих только из резисторов, конденсаторов, триодов и т.п. — элементы, смонтированные на общей плате, необходимо и удобно заключать в контуры.

4.3. Обозначения типов, исполнений и видов элементов и комплектных устройств

В графе "Наименование" перечня элементов (см. табл. 4.3—4.5) приведены сведения, без знания которых н е л ь з я з а к а з а т ь электрооборудование. Среди них основными являются типы, исполнения и технические характеристики элементов и устройств, установленные предприятиями-изготовителями, содержащиеся полностью в каталогах (см. § 6.2) и в сокращенном виде в прейскурантах.

Типы, исполнения и технические характеристики образуются сочетанием букв и цифр, каждая из которых имеет строго определенное значение. Оно определяется не только той или иной буквой (цифрой), но и м е с т о м, на котором она расположена. Рассмотрим несколько примеров, предупредив читателей о том, что приведенные в них типы с течением времени могут измениться, но существо дела, т. е.

¹ Речь идет о каскадном включении четырех реле, заключающемся в том, что контакт реле *СПП* включает *СПП1*, контакт реле *СПП1* включает *СПП2*, контакт реле *СПП2* включает *СПП3*. Если у каждого из четырех реле по шесть контактов, то благодаря каскадному включению можно получить 21 контакт. Однако каскадное включение имеет не только достоинства, но и недостатки. Они объяснены в § 7.3, рис. 7.18.

существование системы построения обозначений типов и исполнений, сохранится.



Пример 4.1

Обозначение РПУ-2-36201 УЗ 220 В расшифровывается следующим образом. Реле серии РПУ-2 защищенного исполнения с передним присоединением проводов винтовыми зажимами (3), катушка переменного тока (6) на номинальное напряжение 220 В. У реле два замыкающих контакта (2), нет размыкающих контактов (0) и один переключающий контакт (1). Исполнение для районов с умеренным климатом (У), в закрытых помещениях (категория размещения 3). Обратите внимание: в обозначении две одинаковые цифры 3, но в зависимости от места расположения в обозначении они имеют разный смысл. Так, в нашем примере тройка слева указывает на конструктивное исполнение (защищенное) и способ присоединения проводов (переднее винтовыми зажимами). Тройка справа – категория размещения.

Достаточно поменять местами две цифры и получится реле той же серии, но с другим набором контактов, например реле РПУ-2-36021УЗ имеет два размыкающих и один переключающий контакт, а замыкающих контактов у него нет.



Пример 4.2

Сравним обозначения четырех универсальных переключателей серии УП5300, собранных по одной и той же схеме № 128 но имеющих разные исполнения: УП5312-С128 и УП5312-А128 – открытое (на что указывает цифра 3); УП5812-С128 и УП5812-А128 – в з р ы в о з а щ и щ е н н о е (цифра 8). Кроме того, у переключа-

телей УП5312-А128 и УП5812-А128 рукоятка имеет самовозврат в исходное положение (буква А), а у переключателей УП5312-С128 и УП5812-С128 фиксируется на положениях через 45° (буква С).

Индустриализация изготовления электроустановок привела к широкому использованию комплектных устройств: типовых камер, из которых собирают распределительные устройства, нормализованных станций, шкафов и блоков управления электродвигателями и т. п. Комплектные устройства изготавливают электротехнические заводы и доставляют на место монтажа в полностью законченном виде. Они требуют лишь присоединения, установки или снятия некоторых перемычек, а также конкретизации надписей, например указания номеров линий, наименований управляемых механизмов и г. п.

Комплектные устройства обозначают по строгой системе.



Пример 4.3

Обозначение ЯУ5113-03А2А состоит из двух частей: слева от разделительного знака – т и п изделия, справа – т и п о в о й и н д е к с. В нашем примере тип расшифровывается следующим образом. Ящик управления (Я), унифицированный (У), для управления нереверсивными (1) асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором, однолинейный (13). Типовой индекс указывает: ток силовой цепи до 25 А (0), напряжение силовой цепи 380 В (3), конструктивное исполнение (А), напряжение цепи управления 220 В (2), автоматический выключатель с комбинированным расцепителем на 4 А и электротепловыми реле на 2,5 А.

Достаточно в типе пускателя заменить только одну, первую, единицу на четверку (т. е. вместо УП5113 написать УП5413), а типовой индекс оставить без изменений –

получится реверсивный магнитный пускатель с теми же параметрами.

Выводы. Из рассмотренных выше нескольких примеров явствует, сколь важные сведения таятся в каждой букве и цифре, из которых состоят обозначения типов и исполнений, и какое большое значение имеет расположение в нем буквы (цифры). Кроме того, нужно знать, что в обозначениях разных элементов (устройств) одни и те же буквы имеют разные значения. Значит, прежде чем расшифровывать обозначение, нужно уяснить, что именно в данном конкретном случае подразумевается под каждой буквой (цифрой). И, наконец, предприятия-изготовители с течением времени иногда меняют систему обозначений, например, с целью унификации.

4.4. Обозначения выводов

Выводы элементов обозначают несколькими способами, способ определяется двумя обстоятельствами: конструкцией изделия и его размерами. В простейшем и наиболее благоприятном случае, т. е. если позволяют размеры изделия и есть место для нанесения обозначений, их проставляют предприятия-изготовители. Если же места нет, как, например, у телефонных и кодowych реле, полупроводниковых приборов, многоконтактных промежуточных реле в открытом исполнении (присоединение пайкой), то выводы обозначений не имеют. Но в этих случаях договариваются по определенной системе счета, однозначно определяющей место вывода в изделии. Рассмотрим эти вопросы подробнее, обратившись к нескольким типичным примерам.

А. Выводы элементов обозначены предприятием-изготовителем

1. Электродвигатель переменного тока с короткозамкнутым ротором (рис. 4.5,а). Выводы одной фазы *C1-C4*, другой *C2-C5*, третьей *C3-C6*.

2. Силовой трансформатор двухобмоточный (рис. 4.5,б). Фазы высшего напряжения *A, B, C* (прописные буквы), низшего напряжения *a, b, c* (строчные буквы). Нейтраль (нулевая, средняя точка) *O* или *N*.

3. Универсальный переключатель, например серии УП5300 (рис. 4.5,в). Выводы перенумерованы. Контакт одной секции *1-2*, другой *3-4* третьей *5-6* и т. п.

4. Пакетный трехполюсный выключатель (рис. 4.5,г). Первая фаза *Л1* (линия *1*) и *C1* (сеть *1*), вторая — *Л2* и *C2*, третья — *Л3* и *C3*.

5. Промежуточное реле, например серии ПЭ21 (рис. 4.5,д). Выводы перенумерованы. Рядом с эскизом показано изображение на схеме контактов и катушки; выводы обозначены точками. Такая условность принята в ряде ведущих проектно-конструкторских организаций. Выводы комплектных устройств, чтобы их выводы отличить от выводов аппаратов, обозначают кружками (а не точками), как показано ниже на рис. 4.7.

6. Счетчик однофазного тока *Wh* (рис. 4.5,з). Буквы *Г* (генератор) и *Н* (нагрузка) указывают, что счетчик должен присоединяться к сети строго определенным образом.

7. Трансформатор тока *TA1* (рис. 4.5,з). Выводы первичной обмотки *Л1* и *Л2* (линия), вторичной *И1* и *И2* (измерение).

8. Однофазный трансформатор напряжений *TV1* (рис. 4.5,з). Выводы первичной обмотки *A* (начало) и *X* (конец), вторичной — *a* и *x* соответственно.

Б. Выводы элементов не обозначены, но предприятия-изготовители устанавливают строгую систему их счета

9. Полупроводниковый диод (рис. 4.5,е). На его корпус предприятием-изготовителем нанесен знак, указывающий направление проводимости. В соответствии с этим знаком выводы можно обозначить цифрами, например *1* (вход) и *2* (выход).

10. Электронный и ионный прибор (например, лампа). Предприятие-изготовитель дает схему цолевки, из которой совершенно ясны назначения выводов (анод, катод, сетка и т. п.).

В. Выводы элементов не обозначены. Систему их счета определяют отраслевые нормативные документы

На рис. 4.5,ж показано такое же реле, как на рис. 4.5,д, но провода к его выводам присоединяют пайкой. В таком случае приходится д

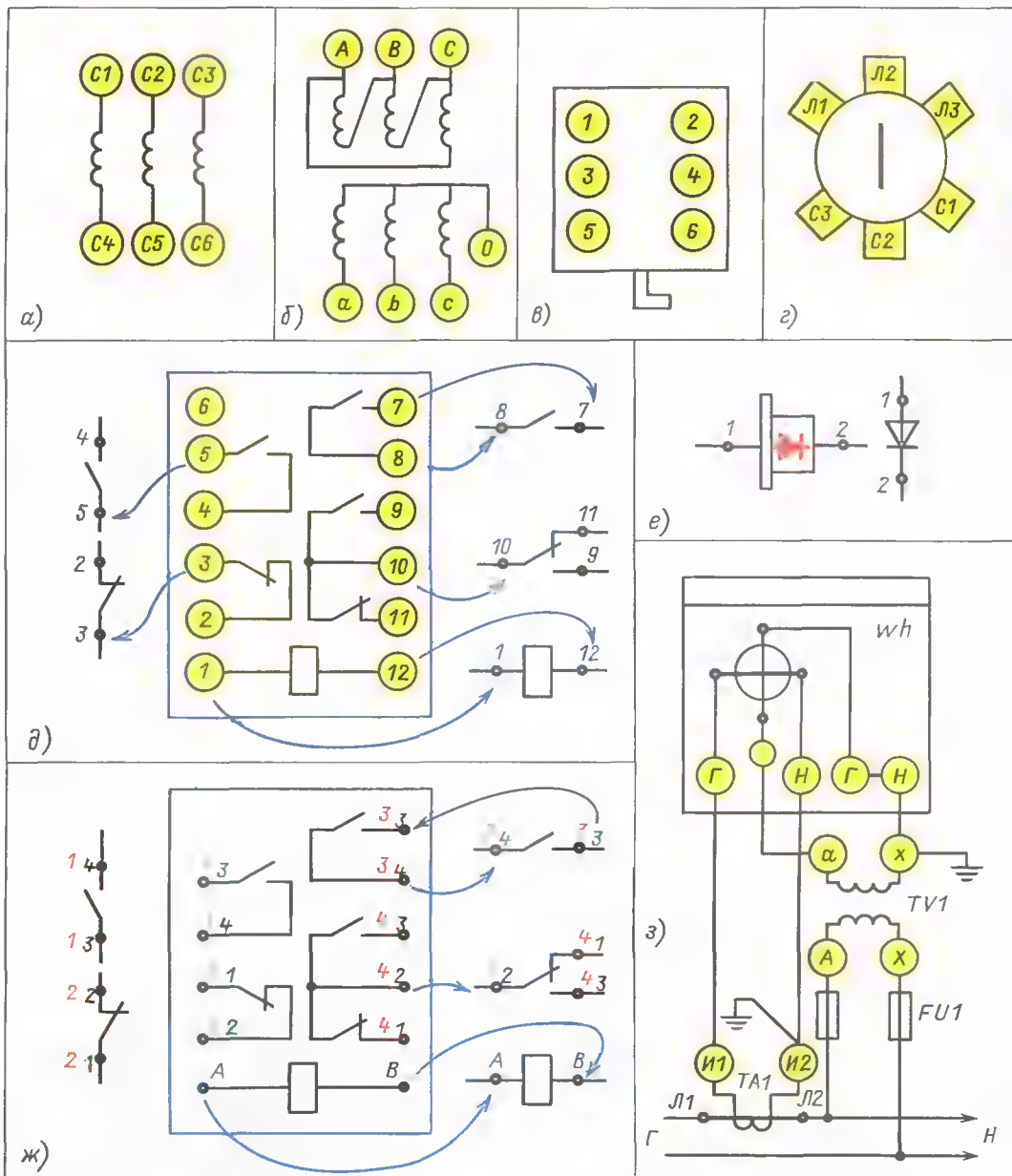


Рис. 4.5. Обозначения выводов элементов.
К упражнению 4.6

говариваться об определенной системе счета. В нашем примере реле имеет два замыкающих контакта 13-14 и 33-34, размыкающий контакт 21-22 и переключающий 41-42-43. Выводы катушки обозначены буквами А и В.

Обратившись к рис. 4.5, ж, легко обнаружить определенную закономерность нумерации выводов. Состоит она в следующем. Каждый вывод имеет двузначный номер. В нем левая цифра (красная) — порядковый номер контакта (1—4); а правая (зеленая) определяет вид контакта: 1 и 2 — размыкающий, 3, 4 — замыкающий, 1, 2, 3 — переключающий контакт. Общая пружина переключающего контакта обозначена цифрой 2. Обратите внимание: счет ведут в определенном порядке, а именно: верхний контакт в левом ряду обозначен цифрой 1, под ним расположен контакт 2, верхний контакт в правом ряду 3, под ним расположен контакт 4.

Очень важно строго определить, какую сторону считать левой, а какую правой, т. е. с какой стороны смотреть на реле: с лицевой или с монтажной. У реле переднего присоединения лицевая и монтажная стороны совпадают; у реле заднего присоединения они различны.

Нумерация мест выводов иллюстрируется рис. 4.6, а. На нем слева сверху показан контур реле с тремя колонками 1, 2 и 3 (красные цифры). В каждой колонке (в нашем примере) может быть не менее двух и не более пяти контактных пружин. Их местам присвоены номера 1—5 (зеленые цифры). Таким образом, в левой колонке пружины нумеруются 11, 12 ... 15, в средней 21, 22 ... 25, в правой 31, 32 ... 35. Счет со стороны присоединения выводов. Выводы катушек обозначены буквами а—з.

В центре на рис. 4.6, а дан пример расположения на реле трех контактных групп: слева контактная группа состоит из размыкающего контакта 14-13 и замыкающего 11-12. В середине установлен переключающий контакт 21-22-23. В правой группе сверху контакт 33-34-35, переключающийся без разрыва цепи, снизу — замыкающий контакт 31-32.

Конструктивные схемы контактов 21-22-23 и 33-34-35 показаны на рис. 4.6, а

справа. А снизу на рис. 4.6, а приведены три варианта включения красной и зеленой ламп, присоединенных к различным контактам этого же реле.

Рассмотрим еще один распространенный пример нумерации мест выводов кодовых реле (рис. 4.6, б), при которой за основу принимают "тройник", т. е. переключающий контакт (рис. 4.6, б слева снизу). Его пружинам присвоены постоянные номера, а именно: общая пружина 1, пружина замыкающего контакта 2, размыкающего контакта 3 (черные цифры).

Колонки (контактные группы) нумеруют слева направо, если смотреть с монтажной стороны (красные цифры слева), а тройники в каждой колонке нумеруют снизу вверх.

Колонка может состоять из нескольких тройников, нумеруемых снизу вверх (зеленые цифры посередине).

В итоге номер пружины состоит из трех цифр: слева порядковый номер колонки, в середине порядковый номер тройника, справа постоянный номер пружины, т. е. 1, 2 или 3 в зависимости от ее назначения.

Реле с тремя контактными группами, состоящими из тройников, показано на рис. 4.6, б слева. Справа даны примеры реле: с одним тройником 212-211-213 на втором месте и двумя "неполными" тройниками: 211-212 — замыкающий контакт на первом месте и 511-513 — размыкающий контакт на пятом месте. На кодовом реле можно разместить до пяти групп.

Выполним упражнения 4.6 и 4.7.



Упражнение 4.6

1. Проверить, верно ли на схеме на рис. 4.5, д и ж перенумерованы контакты. 2. Какие выводы не обозначены на рис. 4.5, б и почему? 3. Выводы на схемах условно изображены жирными точками. Не противоречит ли это требованию стандарту на графические условные обозначения?



 Ответы

1. Контакты перенумерованы верно. В этом легко убедиться, сопоставив их нумерацию на схеме с нумерацией на эскизах.

2. Не обозначены концы обмоток трансформатора X, Y, Z (обмотки высшего напряжения) и x, y, z низшего напряжения. В данном случае эти обозначения не нужны, так как соединения в треугольник и звезду выполнены внутри трансформатора.

3. Строго говоря, выводы реле (рис. 4.5, д) надо изображать не точками, а кружками, так как эти соединения выполнены на винтах, т. е. являются разборными (см. выше § 2.1). Но выводы реле на рис. 4.5, ж надо изображать точками — это неразборные соединения: они выполнены пайкой. Однако в одной и той же электроустановке обычно бывают аппараты и с разборными и с неразборными соединениями. Поэтому принято общее положение, а именно, в любых случаях обозначать на схемах выводы элементов точками. Если же нужно отличить выводы элементов от выводов комплектных устройств, предназначенных для их внешних соединений, то эти выводы обозначают кружками — пример дан ниже на рис. 4.7.

 Упражнение 4.7

1. На рис. 4.6, а счет местам контактных пружин (или тройникам на рис. 4.6, б) ведут наверху вниз, а снизу вверх. Есть в этом какой-нибудь смысл, или этот порядок принят случайно? 2. Какие номера должны иметь выводы контактов в контактной группе, состоящей из размыкающего и переключающего контактов и установленной в левой колонке? Рассмотреть два случая: а) снизу размыкающий контакт, сверху — переключающий; б) снизу переключающий контакт, сверху — размыкающий. 3. Нумерация выводов в одной группе 11-12-13, причем общая пружина 12, в другой — 31-32-33, общая пружина 33. Какие это группы и где они расположены на реле? 4. Какими свойствами обладают схемы включения ламп, приведенные на рис. 4.6, а? 5. Можно ли так отрегулировать реле с переключающей группой 11-12-13 (рис. 4.6, а, в центре), чтобы обе лампы при срабатывании или возврате реле на мгновение включались одновременно?

 Ответы

1. Счет снизу вверх (по "этажам") имеет глубокий смысл. Состоит он в том, что при добавлении пружин обозначения выводов существующих контактов сохраняются без изменений, добавляются только новые номера вновь установленных пружин.

2. Случай а): выводы размыкающего контакта 11-12, переключающего — 13-14-15, общая пружина 14. Случай б): выводы переключающего контакта 11-12-13, общая пружина 12, размыкающего контакта 14 и 15.

3. Группа 11-12-13 переключается с разрывом цепи, группа 31-32-33 — без разрыва. Они расположены в первой и третьей колонках соответственно.

4. В левой схеме обе лампы могут на мгновение включиться одновременно (зависит от регулировки контактов). В средней схеме лампы одновременно включиться не могут. В правой схеме всегда раньше включается одна лампа, а затем гаснет другая.

5. При правильной регулировке (т. е. при регулировке, обеспечивающей нормальную эксплуатацию) нельзя.

Выводы комплектных устройств. На рис. 4.7 дан пример блока управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором. Блок представляет собой плиту из изолирующего материала, на которой смонтированы: магнитный пускатель $KM1$, автоматический выключатель $QF1$, предохранители цепей управления $FU1$ и $FU2$, электротепловые реле $KK1$ и $KK2$, переключатель выбора режима управления $SA1$ (ремонтное P , автоматическое A) и ряды зажимов $X1-X3$ для присоединения внешних проводов. В нашем примере к выводам $L1-L3$ присоединяют питающие провода, к выводам $C1-C3$ — электродвигатель.

Обратите внимание: выводы комплектных устройств (в нашем примере $L1-L3, C1-C3, 1, 2, 5, 7, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 35$) обозначены кружками, а не жирными точками. Эта условность дает возможность легко

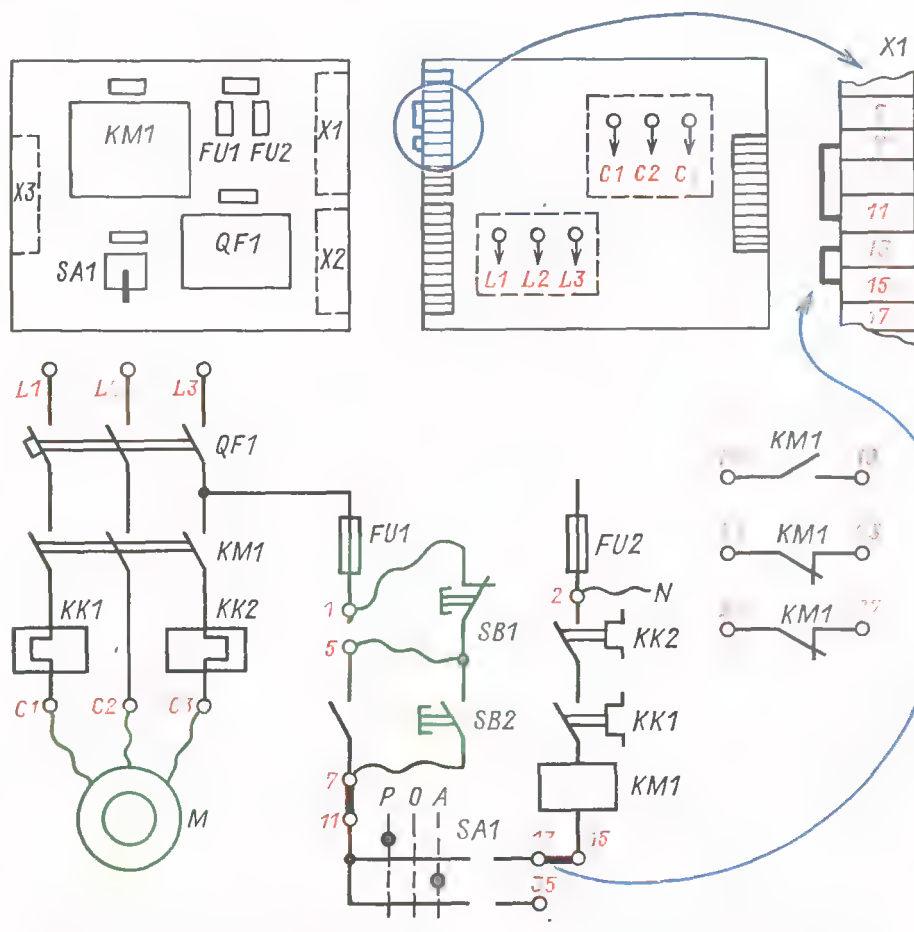


Рис. 4.7. Обозначения выводов комплектных устройств. К упражнению 4.8 (в схеме некоторые элементы опущены)

отличить выводы элементов, обозначаемых жирными точками (см. рис. 4.5, д–ж), от выводов комплектных устройств (кружки).

чатели *SB2* для пуска электродвигателя и *SB1* для его остановки? 2. Что изображают на схеме жирные линии между выводами 7 и 11, 13 и 15? 3. На какие зажимы выведены резервные контакты магнитного пускателя *KM1*? 4. От зажима 2 отходит волнистая зеленая линия с надписью *N*. Что она обозначает?



Ответы

1. К зажимам 1, 5 и 7 ряда *X1*. Правильное присоединение показано на рис. 4.7 зелеными линиями.

Упражнение 4.8

Ответить на вопросы. 1. К каким зажимам и как следует присоединить кнопочные выключатели?

2. Перемычки между зажимами.
3. Замыкающий контакт выведен на зажимы 17-19, размыкающие — на зажимы 21-23 и 25-27.

4. Эта линия обозначает присоединение к заземленному (зануленному) нейтральному проводу минуя предохранитель $FU2$. Если бы электродвигатель защищал не автоматический выключатель $QF1$, а предохранитель в силовой цепи, то вместо присоединения N предохранитель $FU2$ следовало бы присоединить к фазе после силового предохранителя. Почему надо поступать именно так, объяснено ниже в примере 8.25.

4.5. Система обозначений (маркировки) цепей в электрических схемах

Общие положения

Сформулируем сначала общие положения, а затем проиллюстрируем реализацию каждого из них, выполнив приведенные ниже упражнения.

1. Сравнительно недавно применялись термины: марка и маркировка. В настоящее время слово *маркировка* заменено словом *обозначение*.

Что же такое *марка*? Марка — это обозначение, например номер (5, 17 ... 941), буква с цифрой ($L1$, $C3$), буква со знаком полярности (L^+ , L^-) или просто знак (+, -), присвоенное участку цепи. Совокупность марок в схеме называется *маркировкой*. Маркировкой называют также процесс нанесения марок на бирки-оконцеватели проводников, панели (вблизи выводных шпилек аппаратов) и т. п.

2. Установленная стандартом система обозначений цепей применяется только для цепей управления, контроля и защиты электроустановок, но не распространяется на устройства проволочной и радиосвязи и другие специальные устройства.

3. Участки цепей обозначают независимо от нумерации или условных обозначений

зажимов (выводов) аппаратов, приборов, электрических машин, к которым подходят (или отходят) концы обозначаемых проводников (примеры даны на рис. 4.2).

4. Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, катушками, обмотками машин, резисторами, конденсаторами, диодами, считаются разными участками и имеют разные обозначения. Участки, сходящиеся в одном узле принципиальной схемы, а также проходящие через неразъемные, разборные или разъемные контактные соединения, обозначаются одинаково. Однако участкам цепи, проходящим через разъемные соединения, допускается присваивать разные обозначения (пример дан на рис. 4.8, а).

5. Для обозначений применяют ряд последовательных чисел, а в необходимых случаях с буквенной или числовой приставкой. Для цифровых обозначений применяют арабские цифры и прописные буквы латинского алфавита. В электроустановках, изготовленных ранее, применялись русские буквы.

6. Цепи обозначают в последовательности от ввода источника питания к потребителю, а разветвляющиеся участки — сверху вниз в направлении слева направо. Обычно пропускают несколько номеров, оставляя их в резерве.

7. Допускается в обозначение цепи включать обозначения, характеризующие ее функциональное назначение, например перед номером писать букву, заимствованную из табл. 4.2. Пример дан ниже в упражнениях 4.11.

8. На схеме обозначения (марки) проставляют около концов или в середине участка цепи: а) при вертикальном расположении цепей — слева (а не справа!) от изображения цепи; б) при горизонтальном расположении — над изображением цепи. Однако в технически обоснованных случаях допускается проставлять обозначения под изображением цепи.

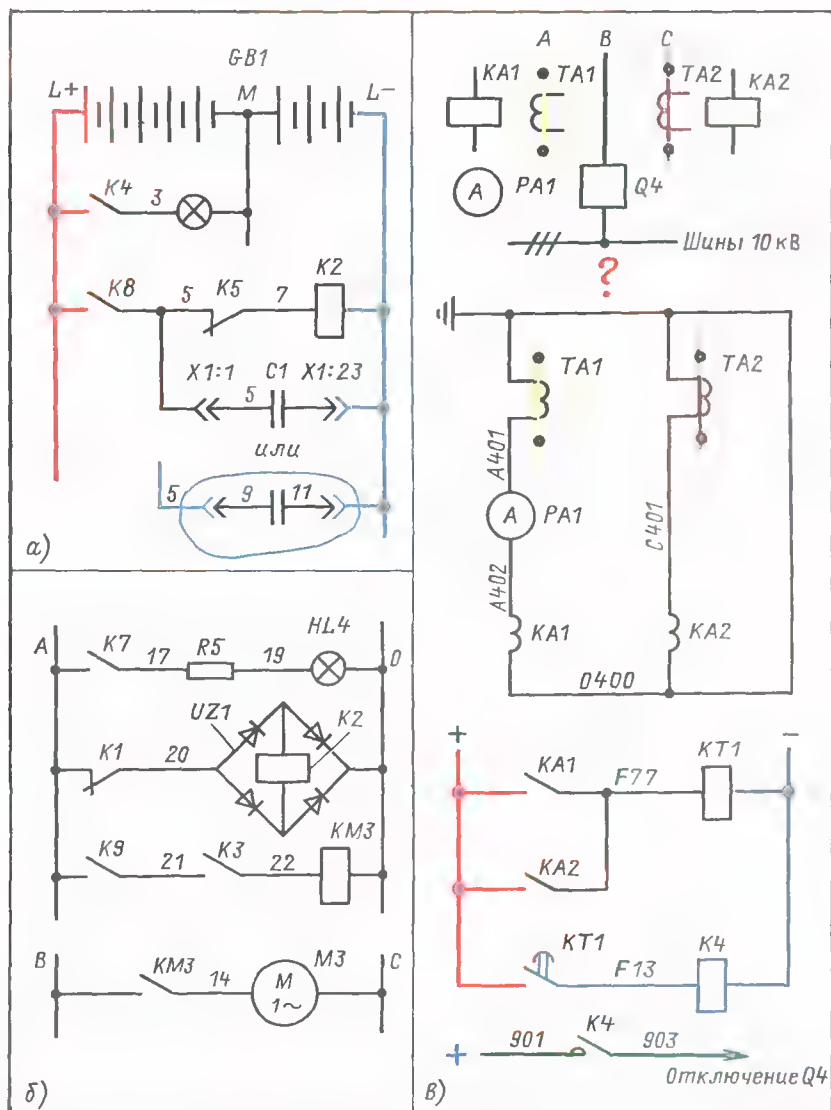


Рис. 4.8. Обозначения участков цепей. К упражнениям 4.9–4.11

Основные правила построения обозначений

В схемах постоянного тока входные и выходные участки обозначают с указанием

полярности: плюс " $L+$ ", минус " $L-$ ", как показано на рис. 4.8, а, или просто "+" и "-" (рис. 4.8, в). Средний проводник обозначают буквой M (рис. 4.8, а). Участки положительной полярности нумеруют нечетными, а отрицательной полярности — четными числами. Если в процессе работы схемы участок изменяет полярность, то участки,

не имеющие явно выраженной полярности (проводник, соединяющий две последовательно соединенные катушки, резисторы и т. п.), обозначаются четными или нечетными числами.

В схемах однофазного переменного тока (фаза—нейтраль, фаза—фаза) участки цепей обозначают аналогично цепям постоянного тока с добавлением индекса фазы A , B , C или 0 (N). Индекс фазы или нейтрали пишут перед цифровой частью. Четные (нечетные) числа могут присваиваться любым участкам цепи любой фазы или нейтрали (нулю).

В схемах трехфазного переменного тока участки цепей обозначают без деления на четные и нечетные с добавлением перед цифровой частью индекса фазы.

На рис. 4.8, в дан пример, показывающий трансформатор тока $TA1$ фазы A , вторичная обмотка которого питает амперметр $PA1$ и токовое реле $KA1$. Трансформатор тока $TA2$ фазы C питает токовое реле $KA2$. Участки, относящиеся к фазе A , имеют обозначения $A401$ и $A402$; к фазе C — $C401$. Обозначение нуля 0400 .

Если индекс фазы не нужен, как, например, в цепях управления и сигнализации, то его перед цифровой частью обозначения не указывают.

Конкретизируем рассмотренные выше общие правила, выполнив упражнения 4.9–4.14.

Упражнение 4.9

На рис. 4.8, а дан фрагмент схемы, элементам которой присвоены позиционные обозначения: $GB1$ — аккумуляторная батарея с выведенной средней точкой M , реле $K2$, $K4$, $K5$, $K8$, конденсатор $C1$, разъем $X1$.

Ответить на вопросы: 1. Что обозначают цифры 3, 5, 7, 9 и 11? 2. Какие марки (обозначения) участков цепей должны быть написаны вблизи выводов катушки реле $K2$? 3. В каких случаях одна и та же марка повторяется в схеме несколько

ко раз? 4. Как расшифровать надписи $X1:1$ и $X1:23$. Являются ли они обозначениями (марками) участков цепей, а если не являются, то каковы марки этих участков? 5. На рис. 4.8, а присоединение конденсатора $C1$ показано в двух вариантах. Но в одном варианте к нему подходят проводники 5 и L —, в другом — 5, 9, 11, L —. Какой из них верен? Обосновать (не формально, т. е. не ссылкой на стандарт, а по существу) правомерность "двойной маркировки" одного и того же контакта разъема.



Ответы

1. Эти цифры обозначения (марки) участков цепей.

2. Должны быть написаны марки 7 и L —.

3. Одна и та же марка повторяется у однопотенциальных выводов элементов. В нашем случае: а) у левых (по схеме) выводов реле $K4$ и $K8$ — марка $L+$; б) у выводов контактов реле $K8$ и $K5$ и контакта № 1 разъема $X1$ — марка 5.

4. Надписи $X1:1$ и $X1:23$ расшифровываются следующим образом: $X1$ — позиционное обозначение разъема, двоеточие — классифицирующий символ, заменяющий слово "контакт" (см. табл. 4.6); 1 и 23 — порядковые номера контактов разъема. Значит, надписи $X1:1$ надо читать так: 1-й контакт разъема $X1$ (см. § 4.2); $X1:23$ — 23-й контакт разъема $X1$. Марки участков 5 и L — соответственно.

5. Верны оба варианта. В первом варианте проводники, присоединенные к штыревой и гнездовой частям контакта № 1 разъема $X1$ обозначены одинаково (марки 5), так как рассматривается положение, когда разъем собран и следовательно, штырь и гнездо однопотенциальны. Во втором варианте предполагается, что разъем разобран. Следовательно, потенциалы штыря и гнезда различны, поэтому проводникам присвоены разные марки.

Упражнение 4.10

На рис. 4.8, б показана часть схемы однофазного переменного тока. В нее входят: реле $K1$ – $K3$, $K7$, $K9$, пускатель магнитный $KM3$, сигнальная лампа $HL4$ с добавочным резистором $R5$, выпрямитель $UZ1$, электродвигатель $M3$.

Ответить на вопросы. 1. Что обозначают марки A , B , C , 0 ? 2. Что можно сказать на основании схемы о номинальных напряжениях лампы $HL4$,

катушки магнитного пускателя *КМЗ* и электродвигателя? 3. Какое из общих правил, сформулированных выше, подтверждает рис. 4.8,б? 4. Схемы какого тока — однофазного или трехфазного показаны на рис. 4.8,б?



Ответы

1. *A, B, C* — обозначения фаз, *0* — нейтраль (нуль).

2. Электродвигатель получает питание от двух фаз *B* и *C*, а катушка *КМЗ* от фазы *A* и нуля. Следовательно, номинальное напряжение двигателя в 1,73 раза выше напряжения катушки. Лампа *HL4* включена через добавочный резистор *R5*. Значит, ее номинальное напряжение ниже номинального напряжения катушки.

3. Из схемы видно, что участки цепи, разделенные контактами, резистором, лампой, катушкой, электродвигателем, одним словом, участки, которые могут быть разнопотенциальными, имеют разные обозначения (марки).

4. Показаны схемы однофазного тока, хотя одна из них получает питание от двух фаз.



Упражнение 4.11

Обратившись к рис. 4.8,в, ответить на вопросы. 1. Какую марку можно было бы написать вместо вопросительного знака и почему она там не написана? 2. Почему на среднем рисунке не указан род тока, а на нижнем указан? 3. Как работает данная схема? 4. Что обозначают буквы *F* перед цифрами *77* и *13* и на основании чего использована буква *F*, а не какая-либо другая?



Ответы

1. Можно было бы написать *0400*. Но эта надпись не нужна, так как марка на схеме уже 1 раз написана, а участок цепи невелик.

2. Род тока на среднем рисунке — переменный — очевиден и без надписей. Реле времени *КТ1* и промежуточное реле *K4* на нижнем рисунке могут быть либо постоянного тока, либо переменного. Поэтому требуется конкретизация.

3. При перегрузке и коротком замыкании срабатывает токовое реле *KA1* или *KA2* или оба реле и включают реле времени *КТ1*. Через его контакт включается промежуточное реле *K4* и подает питание на отключающий электромагнит масляного выключателя *Q4*.

4. Буква *F* указывает функциональное назначение цепи, в данном случае цепь защитная. Эта буква определена табл. 4.2.



Упражнение 4.12

На рис. 4.9,а показана схема управления электродвигателем *M1*, который защищен автоматическим выключателем *QF1* и двумя электротепловыми реле *KK1* и *KK2*. Двигатель управляется кнопочными выключателями *SB1* ("Стоп") и *SB2* ("Пуск") через магнитный пускатель *KM1*. Цепь катушки *KM1* защищена предохранителями *FU1* и *FU2*.

Ответить на вопросы. 1. Какие из общих положений иллюстрируют обозначения участков: а) силовой цепи; б) цепи управления катушкой *KM1*? 2. Верно ли, что позиционное обозначение *KM1* написано не 1 раз, а у каждого контакта в силовой цепи? 3. На рис. 4.9,а рядом с изображением электродвигателя приведена его техническая характеристика: 10 кВт, 380 В, 1450 об/мин. Допустимо ли писать ее не в перечне элементов (см. выше), а на поле схемы?



Ответы

1. а) В обозначениях каждой фазы силовой цепи цифры возрастают в направлении от ввода питания к электроприемнику (*1,11,12* — первая фаза; *2,21* — вторая; *3,31,32* — третья). Перед цифрами имеется буквенная приставка, в нашем примере *L* (линия). б) В цепи однофазного тока (цепь катушки однофазная, хотя она получает питание от двух фаз) участки могут обозначаться как четными, так и нечетными числами. Индекс фазы перед ними опущен; в данном случае он не нужен.

2. Верно, так как между изображением контактов нет линии механической связи.

3. Допустимо и в несложных схемах, так обычно и поступают.

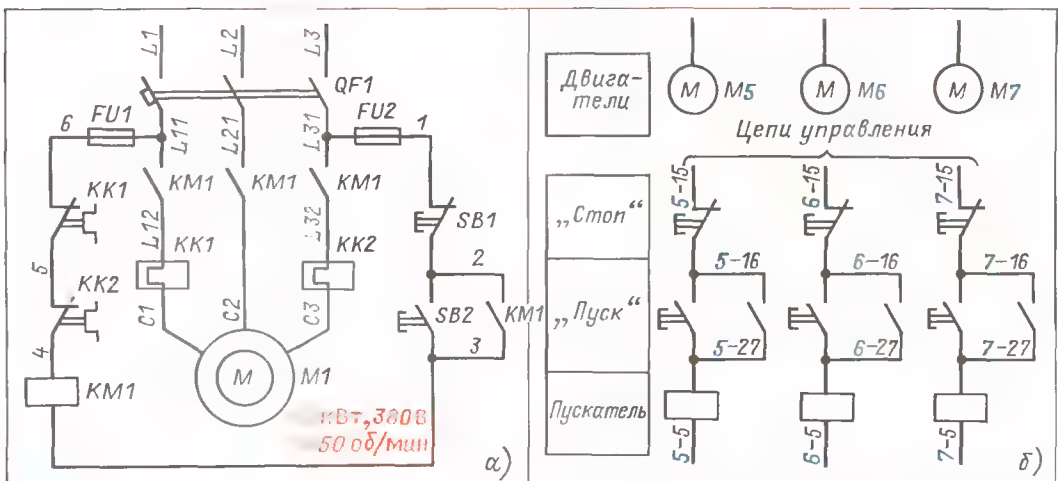


Рис. 4.9. Обозначения участков цепей. К упражнениям 4.12 и 4.13

Упражнение 4.13

На рис. 4.9,б изображены три электродвигателя М5–М7, иными словами, три функциональные группы. В схеме управления электродвигателем М5 участки цепей обозначены: 5-15, 5-16, 5-27 и 5-5. Ответить на вопросы. 1. На каком основании употреблен термин функциональная группа? 2. Что обозначают зеленые цифры перед разделительным знаком? 3. Как следует обозначить аналогичные участки цепей управления электродвигателями М6 и М7? 4. Какое общее положение иллюстрирует данный пример?

чения, в нашем примере номера функциональных групп.

Упражнение 4.14

На рис. 4.10,а и б изображена одна и та же схема управления электродвигателем М6 конвейера № 6. Силовая цепь, защищенная автоматическим выключателем $QF1$ ($\neq 6-QF1$)*, включается и отключается контактором $KM1$ ($\neq 6-KM1$). Цепи управления, защищенные предохранителем $FU1$ ($\neq 6-FU1$), получают питание от фазы и нейтрали N . Конвейер имеет два режима управления: P – ремонтное и A – автоматическое. Режим управления определяется положением переключателя $\neq 6-SA1$. В любом режиме конвейер может быть остановлен кнопочным выключателем $\neq 6-SB1$ ("Стоп").

В режиме ремонтного управления пуск осуществляется кнопочным выключателем $\neq 6-SB2$ ("Пуск"), параллельно которому включен вспомогательный контакт контактора $KM1$ ($\neq 6-KM1$).

* Надписи в скобках относятся к рис. 4.10,б. На рис. 4.10,а не показаны выводы комплектных устройств и элементов схемы.

Ответы

1. Каждый электродвигатель является приводным для механизма, выполняющего определенную функцию. Следовательно, совокупность элементов, участвующих в управлении механизмом, а также сам электродвигатель могут быть названы функциональной группой.

2. Зеленые цифры – номера функциональных групп.

3. Участки цепей управления электродвигателями М6 и М7 следует соответственно обозначить: 6-15, 6-16, 6-27, 6-5 и 7-15, 7-16, 7-27, 7-5.

4. В обозначениях участков цепей допускается вводить характеристики функционального назна-

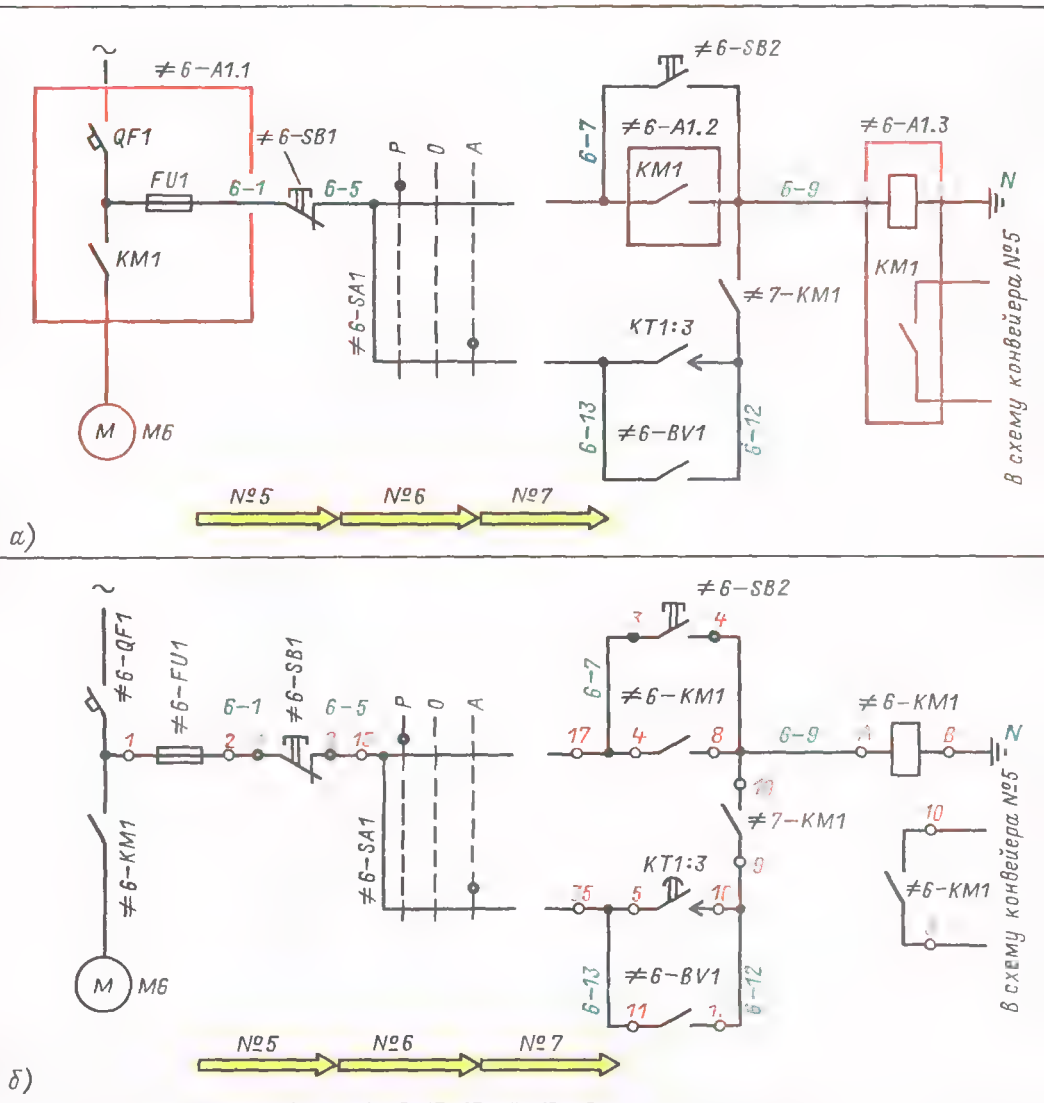


Рис. 4.10. Два варианта выполнения надписей на одной и той же схеме. К упражнениям 4.14 и 4.15. Схема программного реле времени $KT1$ и диаграмма переключений его контактов показаны ниже на рис. 5.8

В режиме автоматического управления для пуска конвейерной линии служит программное

реле времени $KT1$; в данной схеме — схеме управления конвейером № 6 — использован его третий контакт ($KT1:3$), параллельно которому присоединен контакт датчика скорости $\neq 6-BV1$. Этот контакт замыкается после того, как скорость конвейера после включения достигает заданной, и размыкается при недопустимом снижении скорости. В цепь пуска при автоматическом

Т а б л и ц а 4.7. Позиционные обозначения к упражнению 4.15

Конвейер № 6			Конвейер № 5			Конвейер № 7		
Обозначения			Обозначения			Обозначения		
позиционные	выво- дов	участков цепи	позиционные	выво- дов	участков цепи	позиционные	выво- дов	участков цепи
$\neq 6-QF1$	—	—	$\neq 5-QF1$	—	—	$\neq 7-QF1$	—	—
$\neq 6-FU1$	1	—	$\neq 5-FU1$	1	—	$\neq 7-FU1$	1	—
	2	6-1		2	5-1		2	7-1
$\neq 6-SB1$	1	6-1	$\neq 5-SB1$	1	5-1	$\neq 7-SB1$	1	7-1
	2	6-5		2	5-5		2	7-5
$\neq 6-SA1$	15	6-5	$\neq 5-SA1$	15	5-5	$\neq 7-SA1$	15	7-5
	17	6-7		17	5-7		17	7-7
	35	6-13		35	5-13		35	7-13
$\neq 6-SB2$	3	6-7	$\neq 5-SB2$	3	5-7	$\neq 7-SB2$	3	7-7
	4	6-9		4	5-9		4	7-9
$\neq 6-KM1$	4	6-7	$\neq 5-KM1$	4	5-7	$\neq 7-KM1$	4	7-7
	8	6-9		8	5-9		8	7-9
	A	6-9		A	5-9		A	7-9
	B	N		B	N		B	N
	9	5-12		9	—		9	6-12
	10	5-9		10	—		10	6-9
$KTI:3$	5	6-13	$KTI:?$	?	5-13	$KTI:?$	?	7-13
	10	6-12		?	5-12		?	7-12
$\neq 6-BV1$	11	6-13	$\neq 5-SV1$	11	5-13	$\neq 7-BV1$	11	7-13
	13	6-12		13	5-12		13	7-12

ском управлении введен контакт $\neq 7-KM1$ конвейера № 7, на который транспортируемый материал (песок, щебень, руда, уголь) поступает с конвейера № 6.

Предупредим читателей о том, что на схеме рис. 4.10, имеющей ограниченную цель — иллюстрировать способы выполнения надписей, некоторые детали опущены.

Руководствуясь рис. 4.10,а и б, ответить на вопросы. 1. Почему на рис. 4.10,а позиционные обозначения $QF1$, $FU1$, $KM1$ проще, чем на рис. 4.10,б? 2. Что обозначают зеленые надписи 6-1, 6-5 ... 6-13? 3. Как можно остановить конвейер, не прикасаясь к кнопочному выключателю $SB1$ ("Стоп")? 4. Обладает ли данная схема нулевой защитой при ремонтном управлении? при автоматическом? 5. Зачем в цепь автоматического управления введен контакт $\neq 7-KM1$? 6. Что обозначают красные цифры около точек? Как видно из рис. 4.10,б, некоторые красные цифры (1, 2, 4, 9, 10) повторяются. Не ошибка ли это? Зеленые надписи не повторяются. Почему?



Ответы

1. На рис. 4.10,а красными контурами выделены части готового устройства $\neq 6-A1.1$, $\neq 6-A1.2$, $\neq 6-A1.3$. Здесь $\neq 6$ — обозначение функциональной группы, в нашем примере — группы элементов для управления конвейером № 6. Следовательно, повторять ее в позиционных обозначениях незначит. На рис. 4.10,б части устройства не выделены. Поэтому обозначения функциональной группы предшествуют каждому позиционному обозначению.

2. Зеленые надписи — это обозначения (марки) участков цепи.

3. Нужно перевести переключатель $\neq 6-SA1$ в позицию 0. На штриховой линии, соответствующей этой позиции, нет точек, а это значит, что все цепи разомкнуты.

4. Обладает, так как при исчезновении или кратковременном значительном снижении напряжения якорь $\neq 6-KM1$ отпадает, в результате

чего его контакт в цепи ремонтного управления размыкается; он будет разомкнут до следующего включения контактора с помощью выключателя $\neq 6 - SB2$. В цепи автоматического управления импульсный контакт $KTI:3$ при работающем конвейере уже разомкнут, а контакт датчика скорости $\neq 6 - SB1$ после возврата $\neq 6 - KMI$ в исходное положение тоже разомкнется, так как конвейер остановится.

5. Контакт $\neq 7 - KMI$ осуществляет блокировку, благодаря которой конвейер № 6 не может быть пущен, если еще не работает следующий в технологической цепи конвейер, в нашем примере конвейер № 7. Кроме того, конвейер № 6 немедленно останавливается при остановке конвейера № 7.

6. Красные цифры вблизи точек и кружков, изображающих выводы, — это их обозначения (номера). Повторение номеров выводов — не ошибка. Зеленые надписи, обозначающие разнотенциальные участки цепи, не могут повторяться.



Упражнение 4.15

Руководствуясь рис. 4.10,б и полагая, что схемы конвейеров № 5 и 7 аналогичны схеме конвейера № 6, составить табличку с перечислением позиционных обозначений, обозначений участков цепи, номеров выводов. 2. Указать, у каких контактов в этой табличке не могут быть проставлены номера выводов, и объяснить почему. 3. Доказать, что обозначения 5-12 и 5-9 в схеме конвейера № 6 и аналогично 6-12 и 6-9 в схеме конвейера № 7 не являются ошибочными.



Ответы

1. Правильный ответ дан в табл. 4.7.
2. Номера контактов KTI и номера их выводов в табл. 4.7 нельзя проставить, так как на рис. 4.10 не приведена схема программного реле времени KTI .

3. Обозначения правильны. Дело в том, что конвейер № 5 заблокирован с конвейером № 6. Следовательно, контакт $\neq 6 - KMI$ входит в схему конвейера № 5. Аналогично контакт $\neq 7 - KMI$ входит в схему конвейера № 6.

Генеральная маркировка

Термин *генеральная маркировка* не является стандартным, но он широко применяется в ряде ведущих проектно-конструкторских организаций. Поясним суть дела, рассмотрев следующий пример (рис. 4.11). В этом примере три вентилятора: №9, 14 и 17 управляются по совершенно одинаковым схемам. Аппаратура: 1 — магнитный пускатель KMI ; 2 — выключатель автоматический QFI ; 3 — переключатель выбора режима управления $SA1$ смонтирована в одинаковых блоках управления, которые установлены на общем каркасе. Блоки изготовлены на электротехническом заводе, и, естественно, зажимы для присоединения внешних проводников обозначены совершенно одинаково — в нашем примере 5, 7, 11 и 13.

Допустим далее, что от каждого блока отходят кабели № 32, 95 и 77 соответственно. Эти кабели подходят к какому-либо устройству, например к пульту управления. На пульте зажимы сгруппированы, но не по механизмам (как в блоках управления), а по назначению. Например, раньше идут три вывода 5, затем три вывода 13 и т.д. Или вообще зажимы пульта имеют номера, которые не совпадают с номерами зажимов в блоках. Одним словом, какой-либо участок цепи на схеме имеет одно обозначение (одну марку), а в натуре — другую. Например, на блоке управления марка участка 5, на пульте 27, а на схеме 9-5, хотя этот участок однопотенциален и, следовательно, не может иметь в схеме трех марок.

Из этого затруднительного, но неизбежного положения выходят следующим образом: одно из обозначений (одну марку) принимают за основное. Оно указывается на принципиальной схеме и называется *генеральным* (главным) или, по сложившейся терминологии, *генеральной маркировкой*.

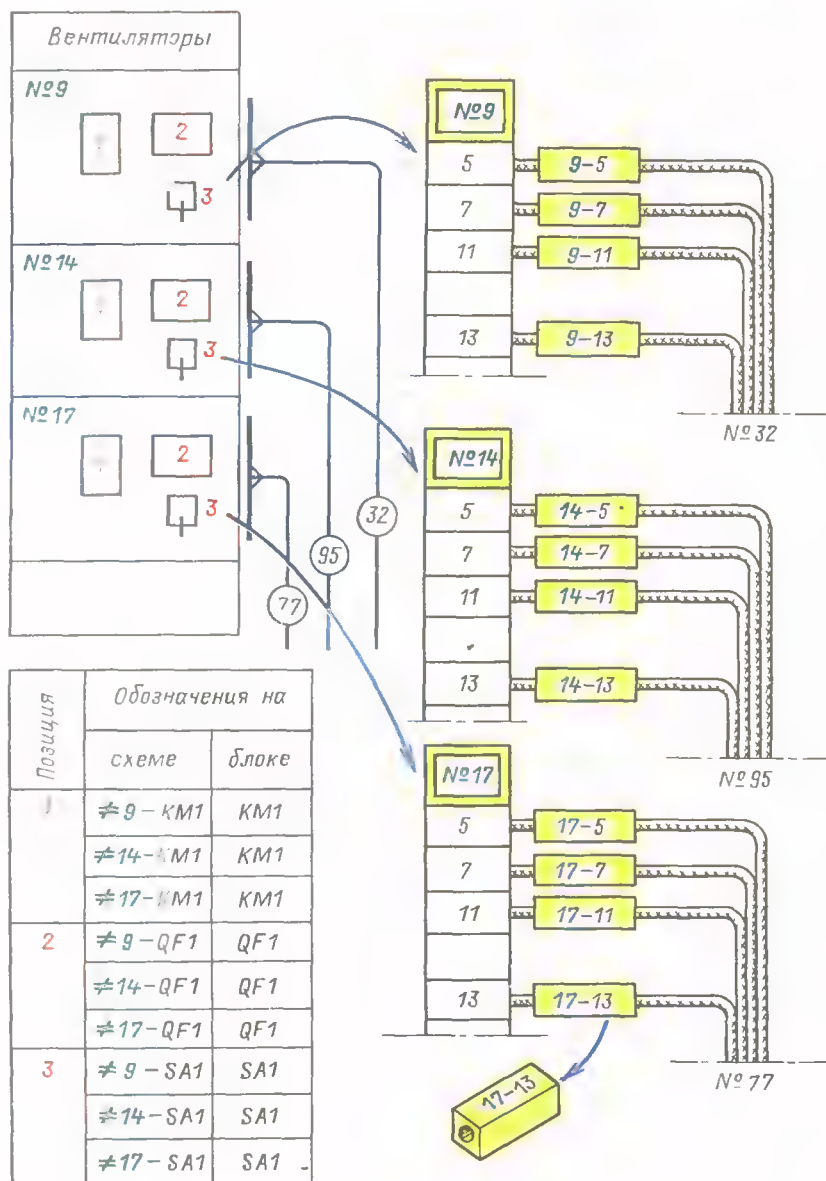


Рис. 4.11. Генеральная маркировка. К упражнению 4.16

Упражнение 4.16

(Рис. 4.11). Ответить на вопросы. 1. Как обозначены зажимы любого блока управления? 2. Как различить зажимы, относящиеся к схемам управления различными механизмами? 3. Где в натуре написана генеральная маркировка? 4. Составить табличку и указать в ней, какие обозначения присвоены аппаратам на схемах управления вентиляторами №9, 14 и 17 и в натуре, т.е. на блоках?

Ответы

1. Зажимы любого блока имеют номера 5, 7, 11 и 13.

2. В каждом блоке, над группой зажимов имеется маркировочная колодка – на рис. 4.11 она выделена с помощью желтого ободка. На маркировочных колодках написаны номера механизмов № 9, 14 и 17.

3. Генеральная маркировка в схемах вентиляторов № 9 (14) и [17], 9-5, 9-7, 9-11 и 9-13, (14-5, 14-7, 14-11 и 14-13), [17-5, 17-7, 17-11 и 17-13] написана на бирках-оконцевателях, которые надеются на жилы кабелей.

4. Ответ дан в табличке, которая помещена на рис. 4.11 слева, снизу.

4.6. Таблицы применимости

Распространены сооружения, в которых работают несколько однотипных механизмов, например конвейеров, вентиляторов, задвижек с электрическими проводами и т.п. Схемы однотипных механизмов в основном одинаковы и различаются только в деталях и маркировке. В таких случаях выполняют схему только одного из механизмов. На ней указывают, какие изменения надлежит внести в схемы других, однотипных механизмов. Поясним суть дела, обратившись к примеру, который приведен на рис. 4.12.

Из поясняющей технологической схемы ясно, что дробилка не должна работать,

если остановлен конвейер № 5, в противном случае на нем образуется завал. Аналогично конвейер № 6 (№ 7) не может работать, если остановлен конвейер № 7 (№ 8). Одним словом, каждый предыдущий по технологической схеме механизм должен быть заблокирован с последующим. Но конвейер № 8 ни с чем блокировать не нужно, так как материал с него поступает не на механизм, а в бункер. Иными словами, в нашем случае явно выражены два типа схем: с блокировкой (конвейеры № 5–7) и без блокировки – конвейер № 8. Отсюда следует, что вместо четырех схем, т.е. схем для каждого конвейера, можно ограничиться двумя схемами (по числу типов). А в нашем случае даже одной схемой. Докажем это с помощью рис. 4.12.

На рис. 4.12 приведена схема конвейера № 5. На ней изображено три синих прямоугольника П1–П3, в них заключены те части схемы, которые при ее применении для других конвейеров должны быть изменены. Содержание изменений указано в таблице применимости.

Рассмотрим ее строку, относящуюся к конвейеру № 5 исличим указания, приведенные в таблице, со схемой. Двигатель конвейера № 5 имеет позиционное обозначение М1 – на схеме черная надпись. Но он входит в функциональную группу ≠5 (зеленая надпись). Поэтому на схеме написано не просто М1, а ≠5–М1. Аналогично, т.е. с добавлением обозначения функциональной группы, построены позиционные обозначения выключателя автоматического ≠5–QF1, предохранителя ≠5–FU1, выключателей кнопочных ≠5–SB1 и ≠5–SB2, переключателя режимов управления ≠5–SA1, контактора ≠5–KM1, контакта датчика скорости ≠5–BV1. Кроме того, перед обозначениями участков цепей (черные цифры 1, 5–7, 11, 12 и 13) поставлены зеленые цифры 5. В результате участки цепей схем конвейера № 5 будут обозначены 5-1; 5-5; 5-7; 5-11; 5-12 и 5-13.

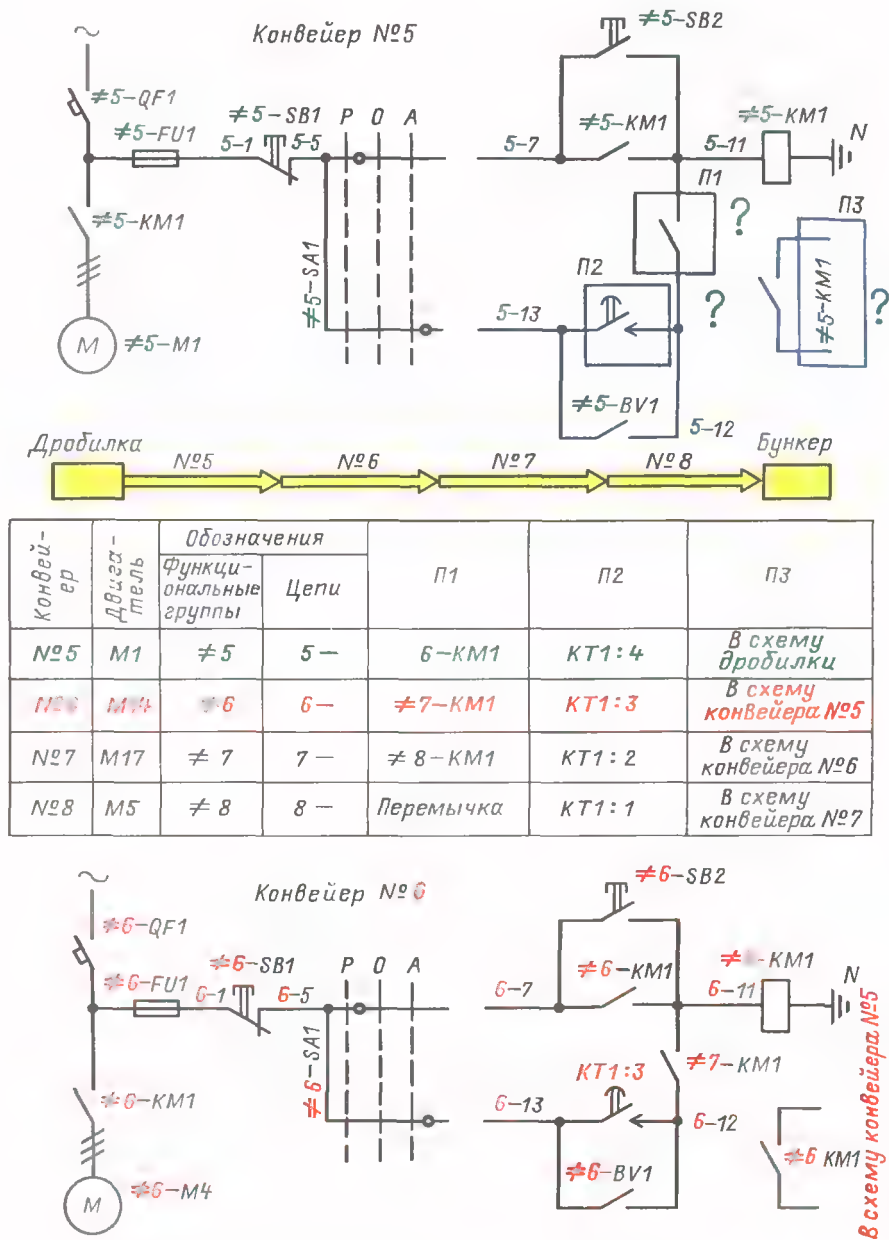


Рис. 4.12. Таблицы применимости. К упражнению 4.17

Далее следует обратиться к таблице, в которой указано, что в прямоугольниках *П1–П3* должны быть надписи $\neq 6-KM1$, *КТ1:4* и *В* схему *дробилки* соответственно.

Поступая аналогичным образом, легко уточнить надписи на схемах других конвейеров.



Упражнение 4.17

Руководствуясь схемой конвейера № 5 (рис. 4.12 сверху) и таблицей применимости: 1. Начертить схему конвейера № 6. 2. Решить, какие надписи должны быть в схеме конвейера № 7 вместо вопросительных знаков в синих прямоугольниках *П1–П3*? 3. Объяснить, почему в строке таблицы, относящейся к конвейеру № 8, в столбце *П1* написано *Перемычка* и что из этой надписи следует? 4. Что нужно сделать в схеме конвейера № 8 с обозначением участков цепей, подходящих к прямоугольнику *П1*?



Ответы

1. Правильный ответ дан на рис. 4.12 снизу
2. Вместо *П1–П3* в схеме конвейера № 7 должны быть надписи: $\neq 8-KM1$, *КТ1:2* и *В* схему конвейера № 6 соответственно.

3. Конвейер № 8 блокировать не с чем, так как транспортируемый им материал поступает не на механизм, а в бункер. Следовательно, контакт нужно заменить перемычкой.

4. Одно из обозначений *8-12* или *8-11* нужно ликвидировать, так как один участок цепи не может иметь двух марок.

4.7. Другие надписи на схемах

В этой главе подробно рассматривались наиболее распространенные надписи на схемах: позиционные обозначения элементов и устройств (§ 4.2), обозначения типов, исполнений и видов элементов и комплектных устройств (§ 4.3), обозначения выводов (§ 4.4), обозначения участков цепей в электрических схемах (§ 4.5), таблицы применимости (§ 4.6).

Кроме этих весьма важных и довольно сложных надписей нередко приходится изображать таблицы переключений аппаратов со сложной схемой коммутации, например программных реле, универсальных переключателей, вспомогательных контактов приводов, датчиков технологического контроля и т.п.

Способы построения и чтения таких таблиц рассмотрены в гл. 5.

На схемах в ряде случаев приходится давать примечания. Например, к схеме на рис. 4.12 следовало бы дать такое: "Схемы управления конвейерами №6–8 аналогичны схеме управления конвейером № 5 с изменениями, указанными в таблице применимости".

Если в схеме имеется контакт (или другая часть аппарата данной схемы), входящий (входящая) в другую схему, то у изображения этого контакта (части) пишут, в какую схему он (она) входит. Например, на рис. 4.10, *б* около контакта $\neq 6-KM1$ с выводами 9 и 10 написано "В схему конвейера № 5". А в схеме конвейера № 5 у изображения этого контакта должно быть указано "Из схемы конвейера № 6" и т. п.

Чтобы "связать" принципиальную схему с натурой, приходится, если необходимо, приводить эскизы, поясняющие расположение контактов и катушек аппаратов (примеры даны на рис. 4.2, 4.5, *д* и *ж*), или же оговаривать систему счета выводов (см. рис. 4.6). Это же относится к разъемам, рядам зажимов, выводам электронных, ионных и полупроводниковых приборов, платам с наборами резисторов, конденсаторов и т.п.

Важно подчеркнуть, что *сказанное выше по существу необходимо и верно, но форма надписей и место их расположения государственными стандартами не определены*. Они устанавливаются отраслевыми нормативными документами.

Поясняющие схемы, диаграммы взаимодействия, таблицы переключений

5.1. Поясняющие схемы

Рассмотрим типичные примеры, иллюстрирующие целесообразность помещения на электрических схемах: выкопировки из технологических схем (рис. 5.1), оперативных схем распределительных устройств (рис. 5.2), схем, показывающих принципы действия блокировочных зависимостей (рис. 5.3 и 5.4)

Технологическая схема (рис. 5.1) поясняет условия действия электрической схемы управления и контроля работы нагнетателей $H1-H3$ и задвижек №1-4 в трубопроводах с электрическими приводами. На рис. 5.1, а показаны механизмы и трубопроводы, а также приведены позиционные обозначения электродвигателей $M15-M17$ нагнетателей $H1-H3$ и двигателей $M11, M21, M31, № 41$ задвижек № 1-4.

Из рис. 5.1, б явствует, что в нормальном режиме работают нагнетатели $H1$ и $H3$, питающие печи № 1 и 2 через открытые задвижки № 1 и 4.

Резервный нагнетатель $H2$ не работает, задвижки № 2 и 3 закрыты.

Рисунок 5.1, в показывает положение механизмов при ремонте нагнетателя $H1$. В этом случае нагнетатель $H1$ не работает, задвижки № 1 и 3 закрыты, а задвижка № 2 открыта: печь № 1 получает питание от работающего нагнетателя $H2$.

Упражнение 5.1

Обратившись к рис. 5.1, ответить на вопросы. 1. Что изображено красными стрелками на рис. 5.1, б и в? 2. В каком положении должны быть задвижки при ремонте нагнетателя $H3$? 3. Можно ли в процессе ремонта включать ремонтируемый нагнетатель? 4. Что нужно сделать, чтобы получить возможность ремонтировать задвижку? Почему на рис. 5.1 не показаны элементы, которые служат для "отключения" ремонтируемой задвижки от работающих трубопроводов?



Ответы

1. Красными стрелками изображены направления нагнетаемых потоков.
2. Открыты задвижки № 1 и 3, закрыты № 2 и 4.
3. Можно, так как от работающих трубопроводов отделен задвижкой № 1 – нагнетатель $H1$, задвижками № 2 и 3 – нагнетатель $H2$, задвижкой № 4 – нагнетатель $H3$.
4. Нужно перекрыть соответствующий участок трубопровода с помощью вентили с ручным приводом. Эти вентили на выкопировке из технологической схемы не показаны, так как они не имеют отношения к электротехнике.

Оперативная схема распределительного устройства (рис. 5.2). В распределительном устройстве две секции шин, от каждой из которых отходят по две линии. Секции

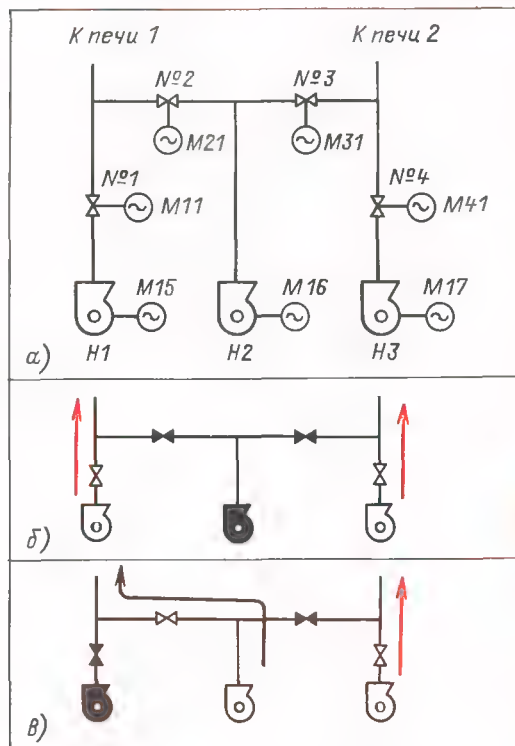


Рис. 5.1. Выкопировка из технологической схемы. Изображения неработающих механизмов зачернены. К упражнению 5.1

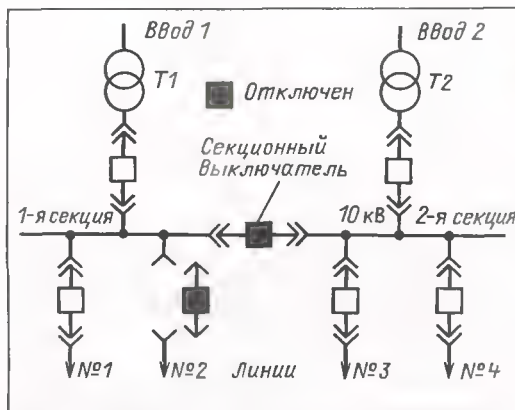


Рис. 5.2. Оперативная схема распределительного устройства 10 кВ. К упражнению 5.2

могут быть соединены с помощью секционного выключателя. В отличие от "обычной" схемы (на которой все коммутационные аппараты показывают в отключенном положении) на оперативной схеме изображения коммутационных аппаратов соответствуют определенному оперативному режиму работы. В нашем примере: секции шин работают отдельно, так как секционный выключатель отключен. Первая секция получает питание по вводу 1 через трансформатор $T1$, вторая – от ввода 2 через трансформатор $T2$. Включены линии № 1, 3 и 4. Выключатель линии № 2 подготовлен для ремонтно-ревизионных работ.



Упражнение 5.2

Руководствуясь рис. 5.2, ответить на вопросы. 1. Почему на схеме не показаны разъединители? 2. Можно ли по рис. 5.2 судить о значении напряжения питающих вводов? Может ли напряжение ввода 1 отличаться от напряжения ввода 2? 3. Как изменилась бы оперативная схема при необходимости отремонтировать ввод 2? 4. Что следует сделать, чтобы ввести в работу линию № 2. 5. Может ли линия № 2 быть под напряжением в положении, которое изображено на рис. 5.2?



Ответы

1. В данном распределительном устройстве все выключатели присоединяются с помощью разъемов. Поэтому разъединители не нужны. Действительно, чтобы работать на выключателе (ремонт, регулировка), достаточно "выкатить" его из камеры (см. линию № 2).

2. Нельзя – эти напряжения на схеме не указаны. Напряжения вводов 1 и 2 могут быть разными, например на одном вводе 35, а на другом 110 кВ. Но в этом случае трансформаторы $T1$ и $T2$ должны иметь различные коэффициенты трансформации, в нашем примере 35/10 и 110/10 соответственно.

3. Был бы сперва включен секционный выключатель, затем отключен и "выкачен" выключатель

трансформатор $T2$. Не исключена необходимость снизить нагрузку линий, так как в этом случае она будет получать питание не от двух, а только от одного трансформатора. Ввод 2 со стороны питающего центра должен быть отключен и заземлен. Предупреждены и е: все перечисленные здесь действия выполняются в строгой последовательности, установленной конкретной оперативной инструкцией.

4. Во-первых, надо убедиться в том, что выключатель линии № 2 отключен. Только после этого его можно вкатить в камеру и, когда он займет правильное положение, включить.

5. Если линия № 2 имеет двустороннее питание, то она может оказаться под напряжением.



Пример 5.1

Иллюстрирует условия включения лампы безопасности. На рис. 5.3, а показан выключатель $Q1$, находящийся в камере, контуры которой изображены синим прямоугольником. В камеру разрешается войти только в том случае, если с выключателя и с отрезков шин, подходящих к нему, снято напряжение. Из рисунка ясно, что для снятия напряжения с выключателя необходимо отключить разъединители $QS1$, $QS2$ со стороны шин и $QS3$ со стороны линии.

В камере выключателя находится лампа безопасности $HL1$, которая присоединена через вспомогательные контакты (блок-контакты) всех трех разъединителей. Но присоединить ее возможно несколькими способами. Два из них показаны на рис. 5.3, б (размыкающие контакты соединены последовательно) и на рис. 5.3, в (замыкающие контакты соединены параллельно).

Выполним упражнение 5.3, чтобы убедиться в том, что эти способы далеко не равноценны.



Упражнение 5.3

Как видно из рис. 5.3, б, лампа $HL1$ горит, если все три разъединителя отключены. Она гас-

нет, если хотя бы один из них включен (его вспомогательный контакт размыкает цепь лампы). Лампа на рис. 5.3, в горит, если хотя бы один разъединитель включен, и гаснет, если отключены все разъединители. Ответить на вопросы. 1. Какая из этих схем отвечает условиям безопасности? 2. Один из двух споривших электромонтеров утверждал, что на рис. 5.3, б дана схема И, а на рис. 5.3, в – схема ИЛИ. Другой утверждал обратное: на рис. 5.3, б – схема ИЛИ, а на рис. 5.3, в – И. Можно ли разрешить их спор, т.е. подтвердить правоту первого (второго) и опровергнуть правоту второго (первого)? 3. Какой общий вывод следует сделать из сравнения схем на рис. 5.3, б и в?



Ответы

1. Условиям безопасности отвечает схема рис. 5.3, б. Войти в камеру можно только в том случае, если лампа горит. Она гаснет, если: а) нарушено условие безопасности, т.е. включен хотя бы один разъединитель; б) из-за неисправности нарушен хотя бы один из вспомогательных контактов; в) нарушено электропитание. Одним словом, *погашенная лампа – это сигнал опасности*. Здесь использован тот же принцип, что и на железной дороге, а именно: погашенные огни светофоров запрещают движение.

Чтобы лампа, включенная по схеме рис. 5.3, в, погасла, нужно отключить все разъединители, что соответствует условию "лампа погашена, если в камере нет напряжения". Но лампа погаснет и независимо от положения разъединителей, если: а) вспомогательный контакт включенного разъединителя неисправен; б) перегорела лампа; в) нарушено электропитание. По перечисленным причинам схема по рис. 5.3, в *опасна* и ее ни в коем случае применять нельзя.

2. Решить спор невозможно, не обусловив предварительно, применительно к какому состоянию лампы – горит или погашена – рассматривается схема. Так, если принять условие "лампа должна гореть", то на рис. 5.3, б приведена схема И (чтобы лампа горела, нужно замкнуть и контакт $QS1$, и контакт $QS2$, и контакт $QS3$). А на рис. 5.3, в изображена схема ИЛИ (чтобы зажечь лампу, достаточно замкнуть или контакт $QS1$, или контакт $QS2$, или контакт $QS3$).

Если же принять, что лампа должна быть погашена, то на рис. 5.3, б приведена схема ИЛИ (любым контактом можно погасить лампу), а

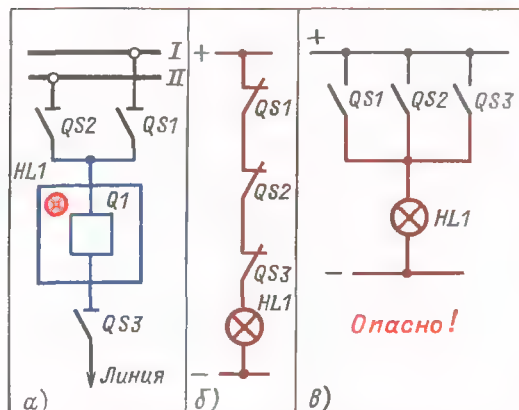


Рис. 5.3. Включение ламп безопасности. К примеру 5.1 и упражнению 5.3

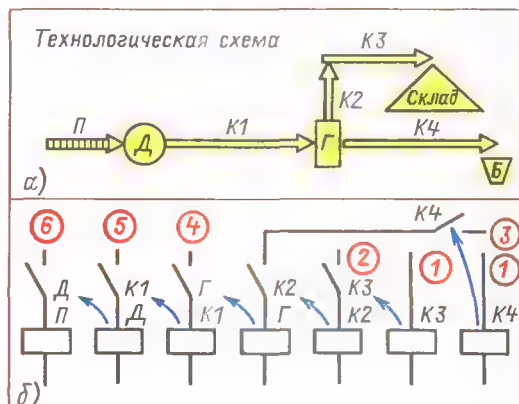


Рис. 5.4. Структура блокировочных зависимостей. К примеру 5.2 и упражнению 5.4

на рис. 5.3, в — схема И (чтобы погасить лампу, надо разомкнуть и контакт $QS1$, и контакт $QS2$, и контакт $QS3$).

3. Общий вывод таков: считать схему пригодной к эксплуатации можно, только убедившись в том, что повреждение элементов, входящих в схему, а также нарушение электропитания не могут иметь опасных последствий.



Пример 5.2

Поясняющий структуру блокировочных зависимостей, определяющих последовательность пуска и остановки механизмов поточно-транспортной системы, приведен на рис. 5.4. Как следует из технологической схемы (рис. 5.4.а), транспортируемый материал питателем П подается в дробилку Д и после измельчения в ней по конвейеру К1 поступает на грохот Г. Грохот (система сит) разделяет его на две фракции. Одна из них по конвейеру К4 направляется в бункер Б; другая по конвейерам К2 и К3 — на склад.

Технологическая схема определяет необходимую последовательность пуска меха-

низмов: от конца технологического потока к его началу. Так, например, конвейер К2 может работать только при условии, что работает конвейер К3, принимающий с него транспортируемый материал. При остановке конвейера К3 конвейер К2 должен немедленно остановиться, иначе на конвейере К3 образуется завал.

Необходимая последовательность пуска достигается с помощью взаимной блокировки механизмов, структура которой (но не электрическая схема!) показана на рис. 5.4, б. Здесь механизмы условно обозначены как катушки контакторов, включающих и отключающих механизмы, а в цепь каждой катушки введен контакт, характеризующий положение другого (других) механизма (механизмов), с которым данный должен быть заблокирован. Так, например, в цепь катушки К1 введен контакт, определяющий положение грохота Г. Это значит, что конвейер К1 не может быть пущен, если не работает грохот, а если грохот остановится, то это немедленно приведет к остановке конвейера К1.

Рассмотрим подробнее блокировочные зависимости, выполнив упражнение 5.4.

Упражнение 5.4

Ответить на вопросы. 1. Откуда на рис. 5.4, б появились надписи П, Д, . . . К4? Являются ли они позиционными обозначениями элементов электрической схемы? 2. Какие из механизмов ни с чем не заблокированы и почему? 3. При соблюдении каких условий можно пустить грохот Г? 4. Что обозначают на рис. 5.4, б красные цифры в кружках? 5. Нужны ли синие стрелки?

Ответы

1. Надписи перенесены с технологической схемы (рис. 5.4, а). Они условны и позиционными обозначениями не являются.

2. Не заблокированы конвейеры К3 и К4, так как материал с них поступает не на механизмы, а на склад и в бункер, где завал образоваться не может.

3. Грохот может быть пущен, если работают все механизмы, принимающие с него материал (К2 и К4).

4. Красные цифры указывают очередность пуска: первыми пускают К3 и К4 (1), затем К2 (2), Г (3), К1 (4), дробилку (5) и, наконец, питатель (6).

5. Синие стрелки не нужны. Здесь они даны только для наглядности.

Предупреждение. Условия остановки дробилки и грохота здесь не рассматриваются. Это механизмы с тяжелым пуском, поэтому по блокировке их, как правило, не останавливают, ограничиваясь остановкой механизмов, подающих на них материал. В данном случае при остановке конвейера К1 останавливают не дробилку, а питатель; при остановке К2 (К4) останавливают не грохот, а конвейер К1.

5.2. Диаграммы взаимодействия

Аппараты и их детали на схемах изображают, как правило, в отключенном положении, т.е. при отсутствии принудительных сил, воздействующих на подвижные контакты. Если от этого правила сделано отступление, то оно оговаривается на чер-

тежах. Но так или иначе *схема изображает какое-то одно положение аппаратов*. Фактически же при подаче и снятии питания, а также в процессе работы в схеме *совершаются изменения*, причем они протекают *во времени* и их в ряде случаев необходимо отразить на чертежах. С этой целью строя диаграммы взаимодействия.

Наиболее распространены диаграммы двух типов. Первый тип наиболее прост и служит для изображения последовательности действия и расчетов времен в *у с т а н о в и в ш и х с я* режимах. Диаграммы второго типа сложнее. Они предназначены для схем, работающих в *н е у с т а н о в и в ш и х с я* режимах.

Предварительные условия и масштабы. Количество строк на диаграмме равно количеству аппаратов, взаимодействие которых рассматривается. Для облегчения описания схем характерные точки на диаграмме нумеруют, стремясь к тому, чтобы номера возрастали слева направо (тогда их легче находить). Характерные точки соединяют стрелками, указывающими "направление процесса".

По горизонтали отсчитывают время. Масштаб времени для всех аппаратов одинаков.

Работа *однопозиционного аппарата с ручным приводом*, например выключателя, изображается прямоугольником. Прямоугольник на рис. 5.5, а показывает, что *кнопочный выключатель SBI был нажат в момент времени, обозначенный точкой 1, и отпущен в точке 4*. Следовательно, его замыкающий контакт был замкнут в течение времени 1–4, размыкающий от 0–1 и от 4 и далее.

Чтобы отразить работу *многопозиционного аппарата*, приходится занять несколько строк по числу позиций.

Если на диаграмме нужно показать *характер движения управляемого механизма со сложной кинематикой*, то движение обозначают наклонными ли-

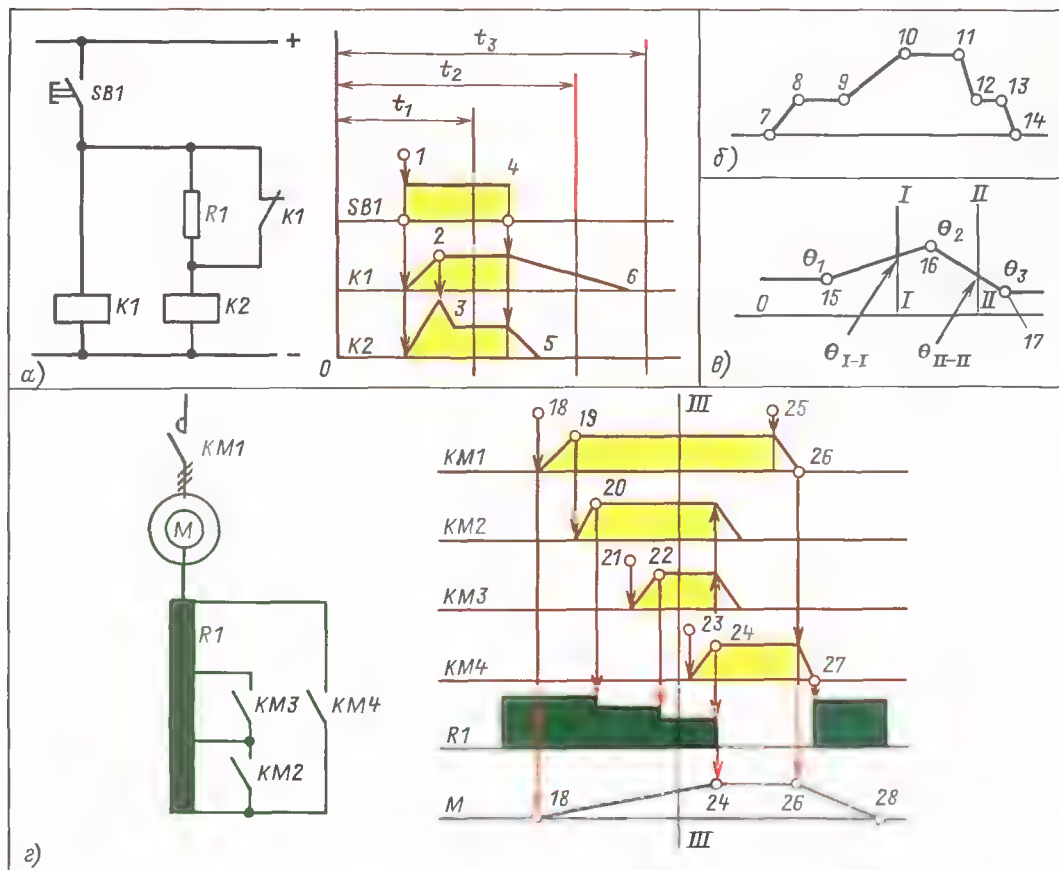


Рис. 5.5. Диаграмма взаимодействия первого типа. К упражнению 5.5

ниями, а покой — горизонтальными. Например, рис. 5.5, б изображает работу механизма, совершающуюся следующим образом. При включении привода механизма его подвижная часть сначала движется (участок 7-8), затем останавливается (8-9), снова движется (9-10), и, наконец, останавливается — точка 10. Сработавший механизм остается в покое (10-11). В точке 11 начинается возврат в исходное положение. На участке 11-12 механизм движется, но теперь уже в противоположном

направлении, затем останавливается (12-13), снова движется (13-14) и приходит в исходное положение — точка 14.

Изменения значений технологических параметров, например температуры с течением времени, показаны на рис. 5.5, в. До точки 15 температура θ_1 не изменяется (горизонтальная линия), затем начинает повышаться (наклонная линия), а после достижения значения θ_2 — точка 16 снижается (наклонная линия). Через некоторое время, соответствующее точке 17, устанавливается температура θ_3 . Аналогично изображают изменения давлений, уровней, скоростей и т.п.

Обратите внимание. 1. Если известен масштаб времени, то по горизонтальной оси можно определить продолжительность интересующей нас части процесса. Рассмотрим пример. Пусть на рис. 5.5, в 1 см соответствует времени 10 мин, а проекции участков 15-16 и 16-17 на горизонтальную ось равны 2,5 и 1,3 см. Это значит, что температура повышается $2,5 \times 10 = 25$ мин, а снижается $1,3 \times 10 = 13$ мин.

2. Абсолютные значения величин определить по диаграмме нельзя. Например, из рис. 5.5, в следует, что температура θ_1 ниже температуры θ_2 , но выше температуры θ_3 .

Диаграммы первого типа

Работа реле, контакторов, электромагнитов изображается трапециями. Высота всех трапеций одинакова и соответствует номинальному току аппарата. Так, на рис. 5.5, а кнопочным выключателем *SBI* (точка 1) замкнута цепь реле *K1*. Действие кнопочного выключателя на реле *K1* обозначается стрелкой, которая идет от "линии выключателя" к "линии реле". За время 1–2 реле сработало, т.е. переключились его контакты, завершилось движение якоря и т.п. Цепь реле разомкнута в точке 4. За время 4–6 контакты снова переключились и пришли в первоначальное положение. Затемненная (желтая) часть трапеции показывает наличие тока в катушке от основного источника питания.

Если в процессе работы аппарата ток в его катушке претерпевает изменение (например, выводится часть сопротивления цепи), то на диаграмме образуется "ступенька". Например, реле *K1* и *K2* (рис. 5.5, а) включаются одновременно, но после срабатывания реле *K1* его контакт в цепи реле *K2* размыкается и вводит резистор *R1*; ток в катушке реле *K2* за время 2–3 уменьшается.

Диаграммы первого типа просты, наглядны, при некоторых навыках безошибочно выполняются и почти полностью заменяют словесные описания схем. По диаграмме легко определить, что происходит в любой момент времени. Для этого достаточно в соответствующем месте диаграммы провести черту, перпендикулярную оси времени, и посмотреть, с чем она пересекается. Так, на рис. 5.5, а черта, соответствующая времени t_1 , показывает: кнопочный выключатель *SBI* нажат, ток в катушке реле *K1* достиг установившегося значения, ток в катушке реле *K2* уже снизился.

По диаграмме легко определить, сколько времени нужно задать тому или иному аппарату для достижения определенного результата. Так, для срабатывания реле *K1* нужно время 1–2 (отсчет по горизонтальной оси времени). Значит, выключатель *SBI* должен быть нажат не менее этого времени. Для возврата реле *K1* нужно время 4–6. Следовательно, нельзя повторно нажимать *SBI* (с целью повторения тех же действий) ранее этого времени.

Подобного рода вопросы (сколько времени требуется, какие нужны интервалы, имеются ли запасы по времени и каковы они, в каком порядке чередуются переключения, равномерно ли нагружаются источники электропитания, т.е. не совпадают ли по времени пусковые токи нескольких двигателей, и т. п.) часто возникают у тех, кто проектирует, налаживает и эксплуатирует устройства автоматики, телемеханики, электропривода, и их невозможно решить без диаграммы взаимодействия.

Выше было подчеркнуто, что затемненная часть трапеции показывает наличие тока в катушке от основного источника питания. Светлая часть — это замедление при возврате (см. гл. 7).

Закрепим полученные сведения, выполнив упражнение 5.5.

Упражнение 5.5

Ответить на вопросы. 1. Что происходит в схеме на рис. 5.5, а спустя времена t_2 и t_3 , а также в промежутке между точками 0 и 1? 2. Быстрее или медленнее движется механизм (рис. 5.5, б) при срабатывании и возврате? 3. Что можно сказать о значениях температуры θ_{I-I} и θ_{II-II} соответствующих линиям I-I и II-II на рис. 5.5, в? 4. На рис. 5.5, г слева дана в однолинейном изображении схема пуска электродвигателя М с фазным ротором (цепи управления не показаны). На ней: $KM1$ — контактор в цепи статора, $KM2$ — $KM4$ — контакторы ускорения; их контакты в определенной последовательности закорачивают секции пускового резистора $R1$. Справа построена диаграмма взаимодействия. Обратившись к ней, описать действие схемы и решить, что происходит во время, соответствующее линии III-III.

 Ответы

1. Спустя время t_2 выключатель $SB1$ опущен, реле $K1$ отключено, но его якорь еще притянут. Реле $K2$ уже возвратилось в исходное положение. Спустя время t_3 все элементы пришли в исходное положение, т.е. в положение, в котором они находились в промежутке 0—1.

2. При срабатывании подвижная часть механизма движется медленнее, чем при возврате. Этот вывод сделан на том основании, что участки 7-8 и 9-10 соответственно более пологи, чем участки 13-14 и 11-12.

3. θ_{I-I} выше θ_1 , но ниже θ_2 ; θ_{II-II} ниже θ_2 , но выше θ_3 ; θ_1 выше θ_3 . Чтобы сделать эти выводы, надо сравнить значения ординат. Например, из диаграммы ясно видно, что ордината 0-17 меньше ординаты 0-15 и т.п.

4. В точке 18 был включен контактор $KM1$. Он сработал (19) и включил контактор ускорения $KM2$. При его срабатывании (20) была закорочена одна секция пускового резистора $R1$. В результате сопротивление цепи ротора уменьшилось, что отчетливо видно, так как на строке $R1$ образовалась ступенька. Через заданное время в точке 21 включился и сработал (22) контактор ускорения $KM3$. Следовательно, была выведена

еще одна секция $R1$: образовалась еще одна ступенька. Затем (точка 23) включился контактор $KM4$ (24), полностью закоротил $R1$ и, кроме того, отключил $KM2$ и $KM3$. Этим пуск электродвигателя завершился.

Контактор $KM1$ был отключен в точке 25, возвратился в исходное положение (26), отключил статор и $KM4$, после возврата которого (27), в цепь ротора снова был полностью введен резистор $R1$. Иными словами, схема оказалась подготовленной к следующему пуску.

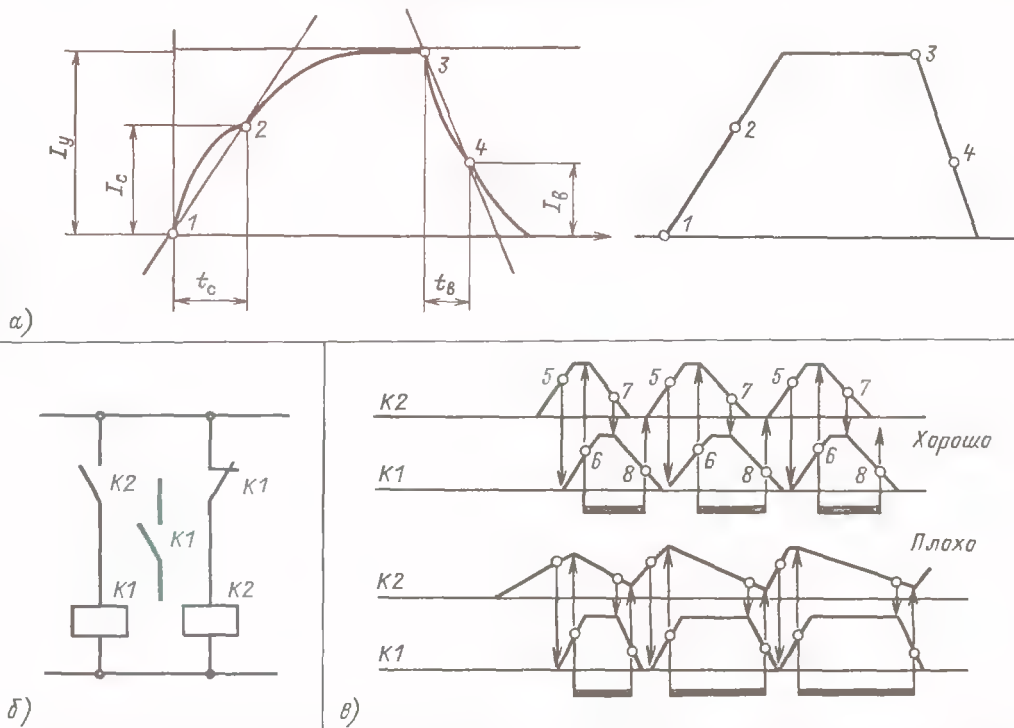
Теперь рассмотрим работу электродвигателя. Как следует из диаграммы, в строке М на участке 18-24 совершился разгон, участок 24-26 соответствует работе с установившейся скоростью, участок 26-28 — это выбег. Левее точки 18 и правее точки 28 двигатель не работал.

Времени, отмеченному линией III-III, соответствуют: включены $KM1$, $KM2$ и $KM3$, отключен $KM4$, в цепь ротора введена одна, последняя, секция $R1$, разгон еще не завершился.

Диаграммы второго типа

Схемы, работающие в импульсных режимах, нельзя ни рассчитать, ни оценить с помощью диаграмм первого типа, так как последние не отражают ни "электромагнитного состояния" аппаратов, ни степени заряженности конденсаторов. А для устойчивой работы аппаратов необходимо сочетать длину импульсов, поступающих в электромагнит (конденсатор), с собственным временем не только срабатывания (заряда), но и намагничивания, длину пауз — с временем не только возврата, но и размагничивания (полного разряда конденсатора).

В основу построения диаграмм второго типа положены следующие соображения. Если представить себе некоторый эквивалентный ток, учитывающий все явления, происходящие при включении и отключении (т.е. поступление тока в катушку, индуктируемые в процессе движения якоря вихревые токи в металлических массах и т.п.), то характер тока может быть представлен условной осциллограммой (рис. 5.6, а слева).



Пренебрегая в первом приближении разницей во времени переключения замыкающих и размыкающих контактов, а также контактов, расположенных в разных частях аппарата (ближе к якору или дальше от него), практически легко перейти от экппонент к трапеции. Для этого нужно провести, как показано на рис. 5.6,а красными, прямые линии через характерные точки: 1 — замыкание цепи; 2 — срабатывание (определяется как пересечение горизонтали I_c , соответствующей току срабатывания, с вертикалью t_c , соответствующей времени срабатывания); 3 — размыкание цепи; 4 — возврат (определяется как пересечение горизонтали I_B — тока возврата и вертикали t_B — времени возврата); установившийся ток $I_y = U/R$, где U — напряжение питания, R — сопротивление цепи. Получившаяся трапеция дана на рис. 5.6,а справа.

Рис. 5.6. Диаграммы взаимодействия второго типа. К упражнению 5.6

Диаграммы второго типа применяются, например, при расчете пульспар¹, где времена срабатывания и отпускания зависят от предварительного намагничивания (реле, якорь которого отпустил, но магнитопровод еще полностью не размагничен, срабатывает быстрее; реле сработавшее, но еще не полностью намагниченное, возвращается быстрее). В пульспарах, где первое реле может разомкнуть цепь второго еще до его полного намагничивания, а второе может включить первое, еще не полностью

¹ Пульспара — это два реле, взаимно включающие и отключающие друг друга (см. рис. 5.6,б); она служит для образования чередующихся импульсов и пауз.

размагнитившееся, возникают следующие опасности: либо пульспара будет работать быстрее, чем предполагалось, либо время срабатывания будет изменяться от периода к периоду и в результате нарушится равномерность темпа пульсации, что, например в устройствах телемеханики, чрезвычайно опасно.

С помощью диаграмм первого типа эти явления обнаружить невозможно. Диаграммы второго типа их немедленно выявляют. В качестве примера рассмотрим диаграммы хорошей (рис. 5.6,а сверху) и плохой (рис. 5.6,а снизу) пульспар. У хорошей пульспары реле вновь включается лишь после того, как оно уже полностью размагничено, у плохой — реле включается еще до полного размагничивания. Сравнивая длины зеленых черточек и промежутков между ними, легко убедиться в том, что длины импульсов (зеленые участки) у хорошей пульспары одинаковы, а у плохой — различны. Различаются также паузы — промежутки между импульсами.



Упражнение 5.6

Ответить на вопросы. 1. В пояснениях к рис. 5.6,а слово экспонента употреблено во множественном числе, а трапеция в единственном. Не ошибка ли это? 2. Приведенные здесь рассуждения носят отвлеченный характер или же трапеция, заменяющая экспоненты, может быть на самом деле построена для каждого конкретного аппарата? 3. Можно ли по схеме (рис. 5.6,б) судить о том, хорошая или плохая пульспара на ней изображена? 4. Объяснить, как построена диаграмма взаимодействия (рис. 5.6,в) и почему одни и те же цифры повторяются в ней несколько раз?



Ответы

1. Вид экспоненты иллюстрирует характер изменения тока в катушке, а он определяется со-

отношением ее индуктивности и активного сопротивления цепи. Но индуктивность в процессе движения якоря изменяется, так как при срабатывании воздушный зазор между якорем и сердечником уменьшается, а при возврате возрастает. Следовательно, одна осциллограмма представляет собой совокупность нескольких экспонент, а трапеция, заменяющая осциллограмму, — одна.

2. Трапецию, характеризующую работу аппарата, легко построить благодаря тому, что токи срабатывания, возврата и установившийся, а также времена срабатывания и возврата легко измерить с помощью миллиамперметра и секундомера.

3. Нельзя. Нужно, зная характеристики реальных аппаратов, построить диаграмму. Диаграмма укажет, в каком направлении следует произвести регулировку пульспары (в допустимых пределах), или же вынудит взять реле с другими характеристиками.

4. Из схемы видно, что реле $K2$, срабатывая, включает реле $K1$. На диаграмме это отмечено стрелкой от точки 5 к линии реле $K1$. Из схемы видно, что реле $K1$, срабатывая (точка 6), отключает реле $K2$. Реле $K2$, отпуская (точка 7), отключает $K1$, а оно, отпуская (точка 8), включает $K2$ и т. д. Одни и те же цифры повторяются, так как переключения в каждом периоде одинаковы.

Циклограммы, тактограммы и диаграммы взаимодействия

Не следует отождествлять диаграмму взаимодействия с циклограммами и тактограммами — это не разные названия одного и того же, как иногда считают. Циклограммы и тактограммы широко применяются в дополнение к схемам управления станками, а также для пояснения режимов работы технологического оборудования. В этих случаях рассматривают либо такты (на которые условно разделяют процесс), либо циклы. Одной схеме соответствуют несколько циклограмм по числу рассматриваемых режимов, причем одни и те же элементы, если они участвуют в нескольких режимах, изображают на нескольких циклограммах. Нам важно понять, что каждая из них может отразить, как и схема, т о л ь к о

одно какое-либо установившееся положение. Поэтому приходится пользоваться не одной циклограммой, а несколькими.

В отличие от комплекта циклограмм одна диаграмма взаимодействия показывает (в чем читатели уже убедились) динамику работы схемы во всех режимах, рассмотреть которые нужно, чтобы проанализировать схему.

Диаграммы взаимодействия были созданы в связи с разработкой устройств телемеханики, содержащих много взаимодействующих во времени элементов. В настоящее время их применяют для пояснения работы многих устройств электропривода и автоматики, благодаря простоте построения, компактности и наглядности.

Тактограммами пользуются при составлении и оценке схем, созданных на базе логических элементов. В этих случаях процесс делят на такты, каждый из которых соответствует конечному состоянию логических элементов: логические нуль и единица (подробнее см. § 2.12). Переходные явления, т. е. те явления, которые происходят между состояниями нуль и единица, не рассматриваются.

5.3. Таблицы переключений

В двухпозиционных аппаратах все просто: в одной позиции одни контакты замкнуты, другие разомкнуты. В другой позиции контакты, которые были замкнуты, разомкнуты, а те, что были разомкнуты, замкнуты. Одним словом, термины "замыкающий" и "размыкающий" достаточно четко определяют существо дела.

Однако в схемах весьма часто приходится иметь дело с аппаратами, к которым эти термины неприменимы. Такими аппаратами являются: многопозиционные переключатели со сложной коммутацией; программные реле времени; реле, контролирующие значения технологических параметров (напри-

мер, температуры, уровня, давления, скорости и т. п.); вспомогательные контакты задвижек и клапанов с электрическими приводами; вспомогательные контакты приводов масляных, электромагнитных и воздушных выключателей, разъединителей и т. п. В таких случаях схемы приходится дополнять таблицами (их иногда называют диаграммами) переключений, таблицами настройки сложных аппаратов или другими графическими пояснениями. Рассмотрим типичные примеры.

Переключатели с ручным приводом. Таблица переключений трехпозиционного переключателя показана на рис. 5.7. Переключатель набран из четырех пакетов (секций) контактов, выводы которых пронумерованы (зеленые цифры 1–16). Подвижные контакты изображены в позиции *O*. Позиции названы: *A* — автоматика, *O* — отключено, *P* — ручное управление, т. е. управление по простейшим цепям, без блокировки. Строго говоря, такой вид управления правильнее называть не ручным, а ремонтным, так как в нормальных условиях эксплуатации пользоваться им не следует.

В клетках стоят либо крестики — контакт замкнут (выводы соединены), либо черточки — разомкнут, т. е. выводы не соединены.



Упражнение 5.7

1. Руководствуясь таблицей на рис. 5.7, указать, какие выводы соединены в позиции *P*, не соединены в позиции *O*, соединены в позиции *A*.
2. По таблицам переключений, приведенным в гл. 2 на рис. 2.43–2.46, составить соответствующие таблицам схемы переключателей.



Ответы

1. В позиции *P* соединены: 1–3, 5–7, 9–11. В позиции *O* не соединены: 1–3, 2–4, 5–7, 6–8,

Условное обозначение	Вид фланца (спереди) и схема расположения контактов (сзади)	A O P 								
—	№ контакта	—	1-3	2-4	5-7	6-8	9-11	10-12	13-16	14-15
P	Ручное		X	—	X	—	X	—	—	—
O	Отключено		—	—	—	—	—	—	X	—
A	Автоматика		—	X	—	X	—	X	—	—

Рис. 5.7. Таблица переключений трехпозиционного пакетного переключателя. К упражнению 5.7

9-11, 10-12, 14-15. В позиции A соединены: 2-4, 6-8, 10-12.

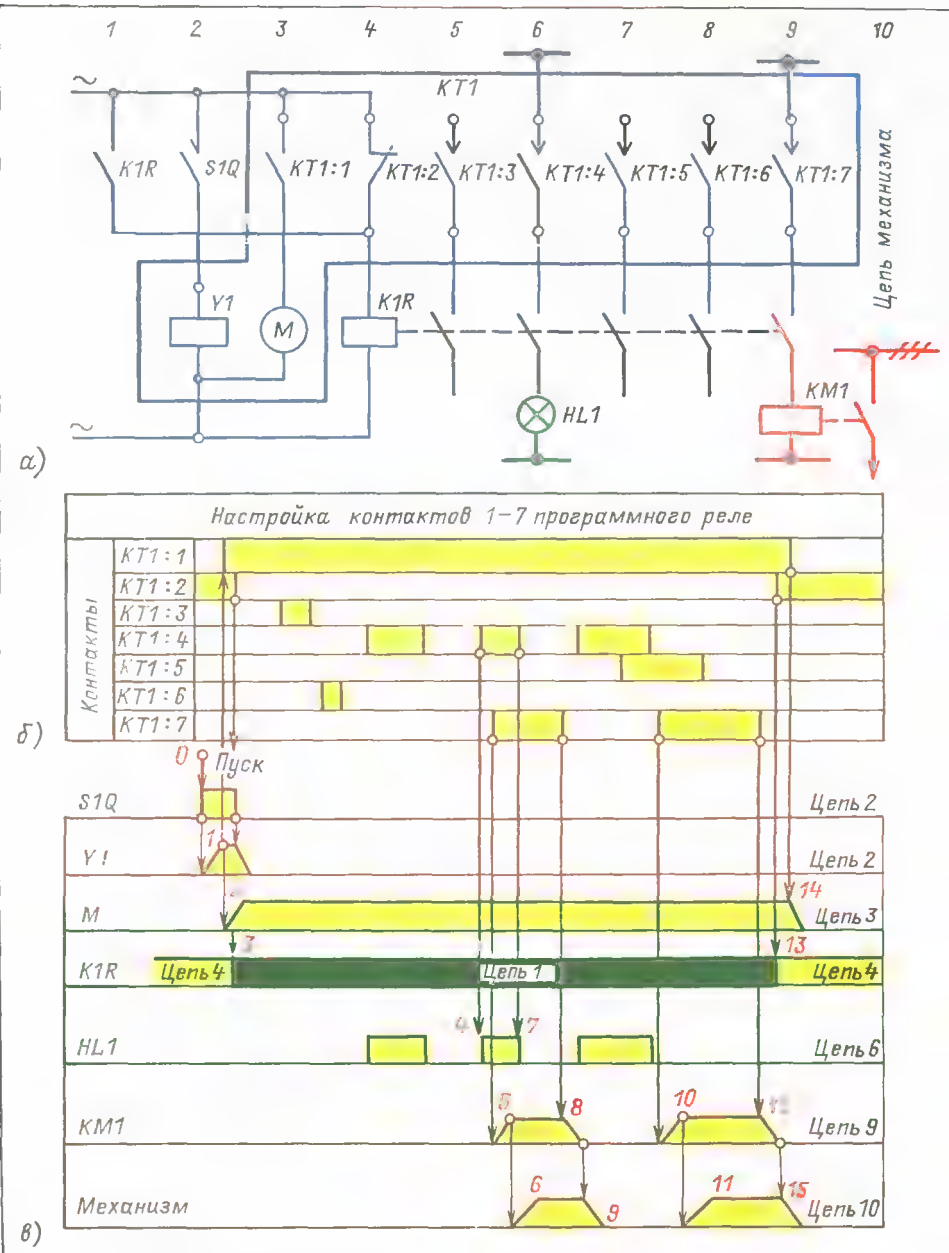
2. Правильные ответы даны на рисунках, перечисленных в условии упражнения.

Переключатели с электрическими приводами весьма разнообразны по конструкции, параметрам, преимущественным областям применения, способам настройки и т. п. Но, так или иначе, в схемах, за исключением простейших случаев, приводят указания по настройке контактов. Эти указания обычно выполняют в виде таблицы (пример приведен на рис. 5.8,б). Рассмотрим ее.

Как видно из схемы (рис. 5.8,а), прибор, названный $KT1$, состоит из спускового электромагнита $Y1$, электродвигателя M и семи контактов: $KT1:1$, $KT1:2$ — $KT1:7$. Два из них, а именно $KT1:1$ и $KT1:2$, заняты в схеме самого прибора. Остальные контакты $KT1:3$ — $KT1:7$ используются для управления какими-либо механизмами, сигнальными приборами, участвуют в блокировочных зависимостях и т. п. В нашем примере через контакт $KT1:4$ включена лам-

па $HL1$; контакт $KT1:7$ управляет контактором $KM1$, который служит для включения и отключения механизма.

Таблица настройки (рис. 5.8,б) состоит из семи строк по числу контактов. По горизонтали отсчитывают время, в течение которого контакты либо замкнуты (затемненные участки, в нашем примере желтые), либо разомкнуты. Из таблицы видно, что контакт $KT1:1$ до начала работы прибора разомкнут, затем замыкается, но перед окончанием работы снова размыкается. Контакт $KT1:2$ при неработающем приборе замкнут, а в начале его работы размыкается, но не сразу, а только после того, как контакт $KT1:1$ уже замкнулся. Это явствует из того, что желтые участки в начале первой и второй строк "перекрываются". Контакт $KT1:2$ в конце работы снова замыкается, но до размыкания контакта $KT1:1$. Контакты в течение одного цикла работы прибора замыкаются: $KT1:3$ — 1 раз; $KT1:4$ — 3 раза; $KT1:5$ — 1 раз, причем некоторое время контакты $KT1:4$ и $KT1:5$ замкнуты одновременно; $KT1:6$ — 1 раз; $KT1:7$ — 2 раза, причем некоторое время контакты $KT1:5$ и $KT1:7$, а также контакты $KT1:4$ и $KT1:7$ замкнуты одновременно.



В приведенном описании опущены указания на временные параметры, т. е. не указано, через сколько времени контакт замыкается, сколько времени остается замкнутым, продолжительность следующей паузы и т. п. Но даже без этих совершенно необходимых указаний временных параметров настройки в нашем довольно простом случае словесное описание многословно, удержать его в памяти трудно, а воспользоваться им для настройки прибора невозможно. В то же время таблица проста и наглядна. С ее помощью легко не только правильно настроить прибор, но и составить диаграмму взаимодействия, поясняющую работу схемы, в которой прибор использован. Докажем это, выполнив упражнение 5.8.



Упражнение 5.8

1. Составить диаграмму взаимодействия для схемы, которая приведена на рис. 5.8,а. 2. Как изменятся условия действия, если в цепи 2 контакт *SIQ* заменить переключкой? 3. Объяснить назначение реле *KIR*. 4. Руководствуясь приведенной в гл. 4 табл. 4.1 и 4.2, доказать что позиционные обозначения элементов построены правильно.

Для выполнения этого упражнения надо знать принцип работы прибора. Его пуск осуществляется с помощью импульса, который в нашем случае подает контакт *SIQ* на электромагнит *YI* по цепи 2. Электромагнит освобождает защелку контакта *KTI:1*, который по цепи 3 включает двигатель *M*: валик, переключающий контакты, начинает движение. Контакт в цепи 3 автоматически размыкается после завершения цикла, благодаря чему двигатель останавливается. Обратим внимание: прибор не имеет самовозврата в исходное положение, из-за чего при исчезновении питания он останавливается, а после его восстановления продолжает работу. Другие важные особенности прибора рассмотрены в гл. 6 в примере 6.1.

Чтобы "связать" таблицу настройки контактов (рис. 5.8,б) с диаграммой взаимодействия (рис. 5.8,в), между ними в учебных целях проведены вспомогательные красные линии.



Ответы

1. Пусковой контакт *SIQ* подает импульс (точка 0) в цепь электромагнита *YI* (цепь 2). Электромагнит срабатывает (точка 1) и освобождает защелку контакта *KTI:1*. Контакт замыкается и включает двигатель *M* (цепь 3, точка 2). Через некоторое время замыкается *KTI:4* и по цепи 6 включает лампу *HL1* (точка 4). Затем замыкается *KTI:7* (цепь 9, точка 5), *KMI* срабатывает и включает механизм (цепь 10, точка 6). Размыкается *KTI:4* (точка 7) и отключает лампу. Контакт *KTI:7* размыкается (точка 8) и отключает механизм (точка 9). Через некоторое время *KTI:7* снова замыкается: включает *KMI* и включает механизм. Затем *KTI:7* размыкается и отключает *KMI*: механизм останавливается (точки 10–12, 15). Контакт *KTI:1* размыкается и отключает двигатель *M* (точка 14): цикл закончен.

Обратим внимание: за один цикл механизм включался дважды, но в первый раз на меньшее время (отрезок 6–9 короче отрезка 11–15), а лампа трижды. На рисунке показано одно включение.

2. Если контакт *SIQ* заменить переключкой или контактом выключателя, то прибор будет работать непрерывно, пока выключатель включен.

3. Как было сказано выше, прибор не имеет самовозврата, из-за чего может возникнуть, если не принять специальных мер, в высшей степени опасная ситуация. Поясним ее суть следующим примером. Пусть контакты *KTI:3*–*KTI:7* использованы для включения пяти механизмов. Прибор, приведенный в действие автоматикой (или сознательно персоналом), правильно включил три механизма. Но затем питание прибора нарушилось, из-за чего он остановился. Персонал, видя, что четвертый и пятый механизмы не включились, мог предпринять какие-то действия, в частности приступить к их осмотру. Но если в это время питание восстановится, то прибор "самопроизвольно" продолжит работу и неожиданно включит их, что в новых условиях может привести к недопустимым и даже опасным последствиям. Их предотвращает реле *KIR*.

Оно присоединено таким образом, что при неработающем приборе его катушка получает питание по цепи 4 (левее точки 3 и правее точки 13) через контакт *KTI:2*. Но как только прибор начинает работать, этот контакт размы-

кается и остается разомкнутым вплоть до окончания работы прибора, благодаря чему катушка реле KIR получает питание только через его собственный замыкающий контакт по цепи I – на диаграмме взаимодействия отмечено зеленым. Это значит, что при любом нарушении питания KIR немедленно возвращается в исходное положение (отпускает) и, как отчетливо видно на рис. 5.8,а, размыкает все оперативные цепи управления механизмами. А раз оперативные цепи разомкнуты, то переключения контактов (в процессе продолжения работы прибора после перерыва его питания) безопасны. Используя общепринятую терминологию, можно сказать, что реле KIR осуществляет нулевую защиту.

4. Позиционные обозначения построены правильно. Действительно, KTI – реле времени. В обозначении KIR : K – реле (табл. 4.1), R – обозначение функции, в данном случае "возврат", "сброс" (табл. 4.2); в обозначении SIQ : S – выключатель, Q – обозначение функции "состояние", "старт"; YI – электромагнит; HLI – прибор световой сигнализации.

Приборы контроля технологических параметров. Рассмотрим в качестве примеров таблицы настройки двух приборов, контролирующих температуру. Один прибор (рис. 5.9,а) срабатывает, т. е. замыкает контакт, при понижении температуры до 50°C (счет справа налево) и возвращается в исходное положение, т. е. размыкает контакт, при ее повышении до 70°C (счет слева направо). Другой прибор (рис. 5.9,б) срабатывает, т. е. замыкает контакт, при повышении температуры до 40°C (счет слева направо) и возвращается – размыкает контакт при ее снижении до 30°C (счет справа налево).

З а м е т ь т е: температуры срабатывания и возврата одного и того же прибора не могут быть одинаковы.

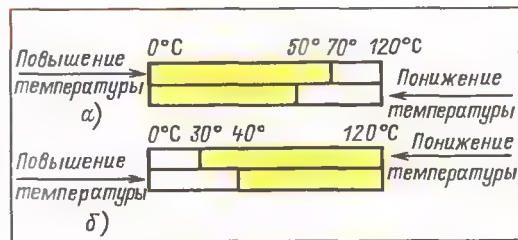


Рис. 5.9. Таблица настройки приборов контроля температуры. К упражнению 5.9

сто значений температуры? 2. При рассмотрении рис. 5.9 было подчеркнуто, что при срабатывании прибора его контакт замыкается, а при возврате размыкается. Рассмотрим прибор, у которого при срабатывании контакт размыкается, а при возврате замыкается. Работу какого прибора в этом случае иллюстрирует рис. 5.9,а (5.9,б)?



Ответы

1. Могут, но в этих случаях должны быть указаны не значения температур ($^\circ\text{C}$), а значения давлений (Па, кПа), уровней (м, см), скорости (м/с) соответственно.

2. Рисунок 5.9,а иллюстрирует работу прибора, контакт которого размыкается при повышении температуры до 70°C и вновь замыкается при ее снижении до 50°C . На рис. 5.9,б показана настройка реле, контакт которого размыкается при снижении температуры до 30°C и вновь замыкается при 40°C .



Пример 5.3

На рис. 5.10 показаны контуры бака и даны отметки уровней: верхнего B и нижнего H . Там же схематически изображено реле уровня SLI в двух положениях: I – поплавков опущен до уровня H , при котором произошло переключение контакта (контакт замкнулся), и II – поплавок всплыл и достиг уровня B , при котором контакт вновь переключился – разомкнулся.

В положении I поплавок I находится на отметке H , при пустом баке он повисает на трессе 3 . Упорная втулка 8 давит на рычаг 5 с коро-

Упражнение 5.9

Ответить на вопросы. 1. Могут ли аналогичным образом (рис. 5.9) выглядеть таблицы настройки реле давления, уровня, скорости? Что в этих случаях должно быть написано вме-

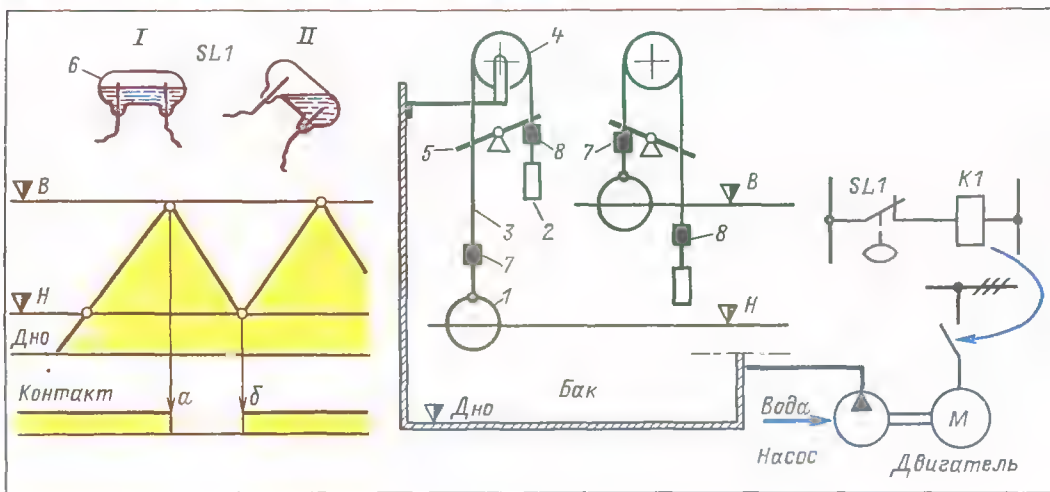


Рис. 5.10. Особенности изображений контактов поплавковых реле. К примеру 5.3 и упражнению 5.10

мыслом, в результате чего контакт 6 замкнут. Контакт показан отдельно в большем масштабе.

Обратите внимание: рычаг 5 самостормозящийся. Это значит, что он, повернувшись под воздействием втулки 8 (7), остается в том же положении до тех пор, пока на него не надавит втулка 7 (8).

При заполнении бака поплавки всплывают, а противовес 2, связанный с поплавком тросом 3, перекинутым через блок 4, опускается. При опускании противовеса упорная втулка 8 отходит от рычага 5, но контакт остается в том же положении — он замкнут. Наконец, поплавок, всплывая, достигает отметки В — положение II. Упорная втулка 7 надавливает на рычаг 5 и переводит его в положение, при котором контакт размыкается.

При опорожнении бака поплавки опускаются, упорная втулка 7 перестает давить на рычаг 5, но контакт остается в том же положении и — он разомкнут. Так будет до тех пор, пока втулка 8 снова не надавит на рычаг 5, в результате чего произойдет обратное переключение: контакт замкнется.

Таким образом, в интервале настройки, т. е. между отметками Н и В контакт может быть как замкнут, так и разомкнут. Все зависит от того, какой процесс происходит: заполнение бака или его опорожнение. Именно из-за этой

неопределенности в отношении контактов поплавковых реле и аналогичных приборов технологического контроля, а также конечных выключателей задвижек, путевых выключателей и тому подобных механизмов термины "замыкающий" и "размыкающий" весьма условны. Отсюда следует важный вывод: на схемах необходимо указывать, для какого режима принято изображение контакта, а при рассмотрении схемы руководствоваться диаграммой (таблицей) переключений. Убедимся в справедливости сказанного, выполнив упражнение 5.10.



Упражнение 5.10

На рис. 5.10 показана с некоторыми упрощениями схема управления двигателем М, который приводит в действие насос, заполняющий бак водой. Слева изображена диаграмма его заполнения и опорожнения, а над ней показано положение контакта поплавкового реле SL1. Требуется: 1. Объяснить, как построена диаграмма. 2. Обосновать правильность изображения контакта как замыкающего (а не как замыкающего) и объяснить, с какой целью поплавок "присоединен" к контакту снизу, а не сверху (что также не противоречило бы требованиям стандарта на обозначения условные графические для схем — см. выше гл. 2). 3. Рассмотреть действие схемы.



Ответы

1. За исходное положение естественно принять самое начало, т. е. что бак еще пуст (отметка *Дно*). При включении насоса уровень начинает повышаться — наклонная линия, достигая сперва отметки *H*, а затем — *B*. На этой отметке контакт размыкается (точка *a*), двигатель отключается, поступление воды в бак прекращается. Но водоразбор продолжается, из-за чего уровень начинает снижаться — наклонная линия на диаграмме направлена в другую сторону. На отметке *H* контакт снова замыкается (точка *b*), насос начинает работать: уровень повышается — наклонная линия и т. д.

2. Контакт изображен правильно. Если же его изобразить как замыкающий, то схема не сможет начать работать, так как цепь катушки *K1* при пустом баке разомкнута. "Присоединение" поплавка к контакту снизу более наглядно; оно соответствует происходящим явлениям, а именно: поплавок всплывает (поднимается) и размыкает контакт.

3. Бак пуст, контакт *SL1* замкнут, контактор *K1* включен, цепь двигателя *M* замкнута, насос работает. На уровне *B* контакт *SL1* размыкается, насос останавливается. На отметке *H* контакт снова замыкается, насос включается. Далее все происходит в той же последовательности, что и обеспечивает автоматическое поддержание уровня в пределах отметок *H* и *B*.

Вспомогательные контакты электропривода задвижки и примеры их применения в схемах сигнализации. На рис. 5.11,а дана таблица переключений контактных узлов (групп, пакетов) *SQ1* и *SQ2*. Каждый из них содержит два контакта. Когда один из них замкнут — другой разомкнут. Поэтому они условно изображены как замыкающий и замыкающий соответственно, а о том, как они фактически переключаются, можно судить только по таблице. В ней зачерненные участки — контакт замкнут, незачерненные — контакт разомкнут. На таблице выделены три зоны: задвижка закрыта (красный цвет), открывается или же

закрывается "ход" — желтый цвет, открыта — зеленый цвет. Эта же расцветка сохранена на диаграммах переключений рис. 5.11,б–г.

Сигнальные лампы "закрыта" *HL1* и "открыта" *HL2* могут быть включены по одной из трех схем. Выполнив упражнение 5.11, читатели убедятся в том, что эти схемы хотя и правильны, но далеко не равноценны.



Упражнение 5.11

1. Сформулировать свойства схем рис. 5.11,б и г. 2. Сформулировать свойства схемы рис. 5.11,в. 3. Доказать, что количество элементов, входящих в схему, отнюдь не дает оснований для ее оценки.



Ответы

1. Схема рис. 5.11,б: задвижка закрыта горит красная лампа, открыта — зеленая, открывается или же закрывается — горят обе лампы. Схема рис. 5.11,г: задвижка закрыта — горит красная лампа, открыта — зеленая, открывается или закрывается — обе лампы погашены.

2. В схему рис. 5.11,в введены резисторы *R1* и *R2*, которые при отключенных контакторах *KM1* ("закрывать задвижку") и *KM2* ("открывать задвижку") введены в цепи ламп *HL1* и *HL2* соответственно. Действие схемы поясняет диаграмма взаимодействия. Рассмотрим ее.

а. Задвижка открыта. Лампа *HL1* погашена, так как в ее цепи разомкнут контакт *SQ1*. В цепь лампы *HL2* введен резистор *R2*, благодаря чему она горит неполным накалом (см. на диаграмме участки *A* и *Д*).

б. Задвижка закрывается (включен контактор *KM1*). Лампа *HL2* горит неполным, а лампа *HL1* — полным накалом (участок *Б*).

в. Задвижка закрыта — участок *В*. Лампа *HL2* погашена, *HL1* горит неполным накалом (в ее цепь введен резистор *R1*, так как контактор *KM1* отключен, его контакт, шунтирующий *R1*, разомкнут).

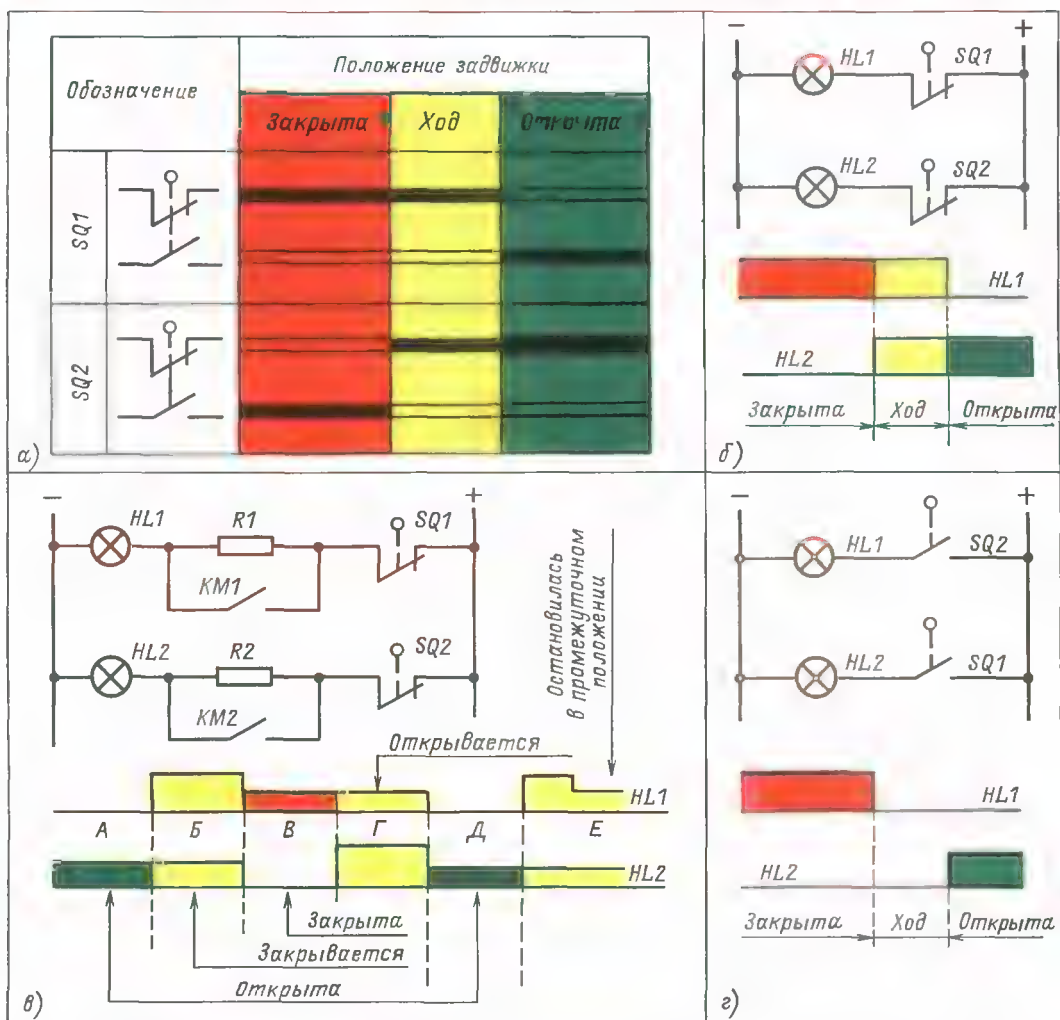


Рис. 5.11. Таблица переключений вспомогательных контактов электропривода задвижки. К упражнению 5.11

г. Задвижка открывается. Горят: лампа *HL1* неполным, а *HL2* — полным накалом (участок Г). д. Аварийный режим: задвижка начала закрываться, но остановилась в промежуточном положении (контактор *KM1* отключился): неполным накалом горят обе лампы (участок Е).

3. Схемы по рис. 5.11, б и г содержат одинаковое количество элементов. Но первая схема контролирует "ход", значит, она лучше второй схемы,

по которой ход бесконтролен. В схеме по рис. 5.11, в элементов больше (добавились резисторы *R1* и *R2* и контакты *KM1* и *KM2*), зато приобретены важные эксплуатационные свойства: не только контроль хода, но и указание того, что происходит — закрывание или открывание.

Кроме того, сигнализируется застревание в промежуточном положении.

Отсюда следует важный вывод: оценивать эксплуатационные свойства схем (а именно они являются самыми важными) только по количеству входящих в них элементов — способ сомнительный, хотя, к сожалению, распространенный.

Чем руководствуются при составлении электрических схем

6.1. Нормативные и руководящие документы

Общие сведения

Электроустановки должны быть надежны, долговечны, безопасны, удобны в эксплуатации и экономичны. В значительной мере эти их качества достигаются благодаря тому, что при проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации соблюдают требования нормативных и рекомендации руководящих документов.

Основными нормативными документами являются: Правила устройства электроустановок (ПУЭ), Строительные нормы и правила (СНиП), Правила техники безопасности (ПТБ), Правила технической эксплуатации (ПТЭ), Государственные стандарты СССР (ГОСТ) — они имеют силу закона, отраслевые стандарты (ОСТ), которые обязательны в соответствующих отраслях, а также другие правила, например противопожарные, охраны окружающей среды и т. п. [4].

Кроме нормативных, существуют руководящие указания и материалы, например: а) по расчету токов КЗ, выбору, проверке аппаратов и проводников по условиям КЗ; б) руководящие материалы по выполнению схем, в которых учтена специфика разных отраслей: станкостроения, автоматики, энергетики и др.; в) ин-

руктивные указания по проектированию и монтажу. В качестве примера можно привести выпуски ВНИИПИ Тяжпромэлектропроект "Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок". В них публикуются директивные технические указания, материалы для проектирования, монтажа и наладки, освещаются сметные вопросы, приводятся сведения об изделиях электротехнических заводов.

Основные сведения о стандартах приведены в § 1.2.

Руководящие и нормативные материалы имеют самое непосредственное отношение к теме этой книги. Дело в том, что одной из задач чтения схем является установление соответствия их правилам. Например, обратившись к ПУЭ, можно проверить, верно ли спроектирована электрическая защита, правильно ли выбрана марка проводников, их сечение и т. п. Но правильно спроектировать — это лишь часть дела. Необходимо также осуществить проект. А проверить правильность выполнения работы можно, руководствуясь указаниями СНиП и другими строительными нормами.

Таким образом, ПУЭ и СНиП являются важнейшими и основными правилами. ПУЭ определяет, что должно быть сделано, а СНиП — как следует сделать. Обратите внимание на то, что ни ПУЭ, ни СНиП, ни другие нормативные и руководящие

материалы не заменяют учебников и не являются ими; они не поясняют, чем определено то или иное обязательное требование. Так, например, ПУЭ предписывает питать катушку магнитного пускателя от двух фаз, если электродвигатель, управляемый этим пускателем, защищен предохранителями. Значит, независимо от того, понятно это далеко не очевидное требование исполнителю или нет, его нужно неукоснительно выполнять. Забегая немного вперед, укажем, что оно непосредственно относится к безопасности обслуживающего персонала.

Чрезвычайно важны указания заводов-изготовителей электротехнических изделий. Они приводятся в каталогах и инструкциях по эксплуатации (ниже § 6.2). Но понять и оценить требования правил и инструкций по монтажу и эксплуатации можно, если известно, как влияют на электротехнические изделия нагрев и охлаждение, влага, вибрации, механические усилия и другие факторы. Эти вопросы рассмотрены в § 6.3.

Правила устройства электроустановок

Правила устройства электроустановок (шестое издание) введено в действие 1 июня 1985 г. Правила содержат семь разделов, каждый из которых состоит из глав, а главы – из параграфов. При ссылке на ПУЭ пишут, например, 5.6.18, что читается так: разд. 5, пп. 6, § 18. Область действия глав ПУЭ приведена в текстах глав.

В общей части указано, что ПУЭ распространяются на все вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки до 500 кВ. Отдельные требования ПУЭ можно применять для действующих электроустановок, если это упрощает электроустановку, если расходы на реконструкцию обоснованы технико-экономическим расчетом и реконструкция направлена на обеспечение

тех требований безопасности, которые распространяются на действующие электроустановки. По отношению к реконструируемым электроустановкам требования ПУЭ распространяются лишь на реконструируемую часть электроустановок, например на аппараты, заменяемые по условиям короткого замыкания.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на три категории: I, II и III. Первая категория – самая высокая.

Важно подчеркнуть, что ПУЭ разработаны с учетом обязательности проведения в условиях эксплуатации планово-предупредительных и профилактических испытаний, ремонтов электроустановок и их электрооборудования, а также систематического обучения и проверки обслуживающего персонала в объеме требований действующих правил технической эксплуатации и правил техники безопасности.

Строительные нормы и правила

Строительные нормы и правила распространяются на все отрасли народного хозяйства и обязательны для организаций, проектирующих электроустановки, выполняющих и принимающих работы по монтажу электроустановок, а также для всех общестроительных и специализированных организаций, поставщиков и изготовителей электрооборудования, электрических машин, приборов и аппаратов в части требований, относящихся к профилю их работы.

6.2. Каталоги, номенклатурные списки и справочники.

Инструкции по монтажу и эксплуатации

Каталоги содержат основные характеристики электрооборудования, кабельной продукции, электромонтажных изделий и

указывают условия применения, установочные размеры и, в необходимых случаях, схемы соединений, расположение выводов и т. п.

Каталоги (за исключением сводных по отдельным видам оборудования) издаются отдельными выпусками, которые комплектуются в тома.

Номенклатурные списки и справочники содержат перечень выпускаемых изделий и нередко их цены. Там же указывается, какие изделия предполагается снять с производства и чем они будут заменены.

Прейскуранты — это официальные сборники цен по видам оборудования и материалов. Каждый прейскурант имеет шифр (номер). Например, в прейскуранте № 15-01 даны цены на электрические машины средней и малой мощности. Цены в прейскурантах сведены в таблицы.

Ценники на монтаж оборудования выпускаются по видам работ. Например, ценник № 8 дает расценки на монтаж электрических установок. В общей части ценника рассматриваются специфические условия работ по данному ценнику. В ценниках указан состав работы и перечислены материалы и конструкции, не учтенные в стоимости монтажных работ. Например, стоимость вспомогательных материалов входит в цену монтажа, но цены труб, кабелей, электродвигателей в ценнике не учтены.

Инструкции по монтажу и эксплуатации — важнейшие документы. Они содержат указания заводов-изготовителей, поясняют особенности изделий и формулируют обязательные требования к их настройке, регулировке, монтажу и эксплуатации. Ниже даны характерные примеры. Но прежде напомним, что в каталогах и инструкциях по монтажу и эксплуатации в полном объеме, а в номенклатурных списках, справочниках и прейскурантах должны быть обязательно указаны значения номинальных величин

Номинальные величины

Номинальные величины являются исходными для правильной наладки, эксплуатации и проектирования. При номинальных значениях величин электрические машины, аппараты, приборы и другие изделия не только достаточно хорошо работают, но и служат не менее установленного срока службы. Например, при номинальном напряжении 220 В лампа накаливания дает яркий свет и служит не менее 1000 ч. Если же напряжение повысится примерно на 20 В, то яркость, конечно, увеличится, но срок службы сократится вдвое. И наоборот, при снижении напряжения примерно на 20 В срок службы удвоится, однако яркость заметно снизится.

Номинальными величинами могут быть: напряжение, ток, мощность, сопротивление, емкость, температура, индуктивность, частота вращения и вообще любой параметр, определяющий условия работы изделия, предусмотренный заводом-изготовителем. Значения номинальных величин написаны на табличках электродвигателей и трансформаторов, катушках реле, колбах ламп, конденсаторах, резисторах и других электротехнических изделиях. Они могут быть приведены в каталогах, технических паспортах, в инструкциях по эксплуатации.

Если значение какого-либо параметра, например тока электродвигателя, неизвестно, то его вычисляют исходя из известных нормальных мощности и напряжения.

Особенности некоторых номинальных величин. Различают: а) номинальное напряжение электроприемников — оно же принимается за номинальное напряжение сети и б) номинальное напряжение источников (генераторов, аккумуляторных батарей) и преобразователей тока (вторичных обмоток трансформаторов), но без нагрузки. Номинальное напряжение источников и преобразователей всегда выше номинального напряжения сети, например напряжение вторичной обмотки трансформатора 400/230 В, но лишь до тех пор, пока трансформатор не нагружен (400 В между фазами и 230 В между каждой фазой и

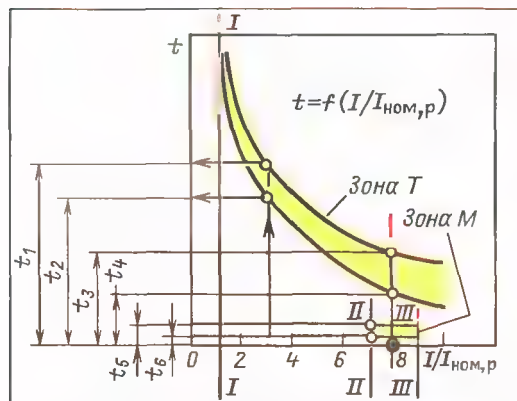


Рис. 6.1. Время-токовая защитная характеристика (пример). К упражнению 6.1

нейтралью). А под нагрузкой из-за потерь в самом трансформаторе и сети напряжение несколько снижается, приближаясь к номинальному напряжению сети 380/220 В.

Номинальное напряжение конденсатора, например 100 В, указывает предельное напряжение сети, в которой может использоваться конденсатор. В нашем случае напряжения сети не должно превышать 100 В. Для сети любого меньшего напряжения конденсатор годится, но при обязательном учете рода тока: постоянный, переменный, пульсирующий. Необходимость указывать род тока объясняется тем, что при переменном (пульсирующем) токе через конденсатор проходит ток; он нагревает диэлектрик, что может привести к его пробую.

Номинальная мощность резисторов, например 10 Вт, это предельная мощность, которую может рассеять поверхность резистора без недопустимого для него перегрева.

Номинальными величинами диодов являются: а) номинальный прямой ток. Ток, проходящий через диод, не должен превышать номинального прямого тока, иначе диод перегреется и выйдет из строя; б) наибольшая амплитуда обратного напряжения. Наибольшая амплитуда обратного напряжения диода должна быть не меньше максимального мгновенного значения напряжения сети. В противном случае диод будет пробит. Например, максимальное значение напряжения в сети 220 В равно $220\sqrt{2} = 310$ В. Следовательно, наибольшая амплитуда напряжения диода должна быть не менее 310 В, но лучше, если она будет больше, например 350 В.

На электроустановочных устройствах (розетках, выключателях, патронах) написаны предельные значения токов, напряжений, мощности, а на зажимах, разъемах и других изделиях, кроме того, нередко указывают наибольшие сечения присоединяемых проводников.

У автоматических выключателей различают номинальные напряжения и ток, определяющие соответственно предельное напряжение сети, в которой допустимо применять выключатель, и предельный ток, который может неограниченно долго проходить через его контактную схему. Весьма важны ток (напряжение) и тип расцепителя: тепловой, электромагнитный, комбинированный, минимального напряжения.

У предохранителей различают четыре номинальные величины: а) напряжение предохранителя — корпуса, патрона, контактных стоек; б) напряжение плавкой вставки; в) ток плавкой вставки; г) ток предохранителя.

Другие важные сведения. Некоторые из них понятны и без пояснений. Например, если указаны пределы напряжений (0,85–1,1) U , то совершенно ясно, что завод-изготовитель гарантирует устойчивую работу изделия в пределах от 85 до 110% номинального напряжения. Но в каталогах и инструкциях есть и такие сведения, которые без дополнительных пояснений не могут быть использованы или, что значительно хуже, могут быть неправильно истолкованы. К ним относятся: а) время-токовые защитные характеристики; б) вольт-амперные характеристики; в) таблицы коммутационной способности контактов; г) указания по настройке и регулировке аппаратуры.

Перейдем к подробному рассмотрению этих вопросов.

Время-токовые защитные характеристики

На рис. 6.1 приведена примерная время-токовая защитная характеристика автоматического выключателя с комбинированным расцепителем, который состоит из

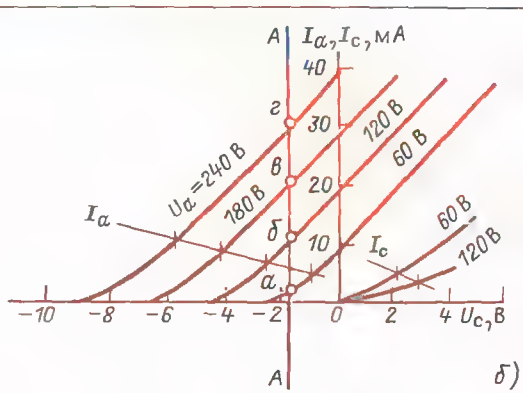
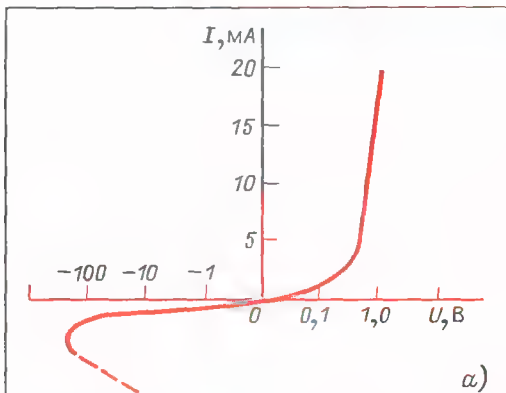


Рис. 6.2. Статические вольт-амперные характеристики плоскостного германиевого диода (а) и анодного и сеточного токов по сеточному напряжению при разных напряжениях на аноде триода (б). К упражнению 6.2

теплого T (защита от перегрузки) и электромагнитного M (токовая отсечка) распределителей. По вертикальной оси отсчитывают время срабатывания (отключения), по горизонтальной — кратности тока, т. е. отношение тока I к номинальному току распределителя $I_{\text{ном},p}$.

значения (см. ответы на 4-й и 5-й вопросы) времени и токов.

2. Тепловой распределитель не срабатывает при токах меньших $1,35I$, на графике левее черты $I-I$.

3. Электромагнитный распределитель не срабатывает при токах меньших $7,2I$, на графике левее черты $II-II$.

4. При трехкратном токе время срабатывания теплового распределителя лежит в пределах от t_1 до t_2 , при восьмикратном токе в пределах t_3-t_4 , но он сработает только в том случае, если откажет электромагнитный распределитель, который должен сработать быстрее, так как $t_5 < t_4$.

5. Разброс в пределах от t_5 до t_6 .

6. Электромагнитный распределитель настроен на восьмикратный ток. Однако он может сработать и при меньшем (линия $II-II$) и при большем (линия $III-III$) токе.

7. На оси токов отложены не абсолютные значения токов, а относительные, благодаря чему характеристика универсальна, т. е. она относится ко всем однотипным изделиям.

8. В каталогах ось времени логарифмическая, но на рис. 6.1, чтобы его не затемнять, деления опущены.

Упражнение 6.1

Руководствуясь рис. 6.1, ответить на вопросы: 1. Почему характеристики изображены не линиями, а площадками? 2. При каких значениях тока тепловой распределитель не срабатывает? 3. При каких значениях тока электромагнитный распределитель не срабатывает? 4. Через сколько времени сработает тепловой распределитель при трехкратном токе? При восьмикратном токе? 5. Каков разброс во времени срабатывания электромагнитного распределителя? 6. Каков разброс по току срабатывания электромагнитного распределителя? 7. Относятся ли характеристики, приведенные в каталоге, к отдельным экземплярам изделий или же являются типовыми? 8. Почему на рис. 6.1 на оси времени нет делений?

Ответы

1. Точность срабатывания невелика; на практике всегда имеет место разброс как по времени (при одном и том же токе), так и по току. Линии, ограничивающие зоны, определяют предельные

Вольт-амперные характеристики

Если в электрических цепях имеют место сложные зависимости, то их выражают не аналитически (с помощью формул), а гра-

фически. Типичный пример: взаимозависимости токов и напряжений в электровакуумных, ионных и полупроводниковых приборах.

Упражнение 6.2

На рис. 6.2,а изображена статическая характеристика плоскостного германиевого диода. На рис. 6.2,б приведено семейство характеристик анодного I_a и сеточного I_c токов по сеточному напряжению U_c при разных напряжениях U_a на аноде. Ответить на вопросы. 1. Какими свойствами обладает диод, вольт-амперная характеристика которого изображена на рис. 6.2,а? 2. О чем свидетельствует рис. 6.2,б? 3. На каком основании характеристики на рис. 6.2 названы вольт-амперными? 4. Почему эти характеристики называются статическими?

Ответы

1. В области положительных напряжений U (т. е. в направлении "пропускания") ток I возникает при очень малых напряжениях и затем резко нарастает: крутизна характеристики велика. В области отрицательных напряжений диод пропускает небольшой ток. Таким образом, характеристика резко нелинейна. Это значит, что в отрицательной области сопротивление гораздо больше, чем в положительной.

Когда обратное напряжение достигает больших значений (в нашем примере около -100 В), обратный ток увеличивается и, наконец, запирающий слой пробивается. При росте тока падение напряжения сначала остается неизменным, а затем начинает уменьшаться: "падающий" участок характеристики отмечен штриховой линией.

2. Анодный ток I_a (красные линии) определяется не только сеточным U_c , но и анодным U_a напряжением. Поэтому на рис. 6.2,б приведена не одна, а семейство характеристик, снятых при различных постоянных напряжениях U_a , в нашем примере 240, 180, 120 и 60 В. Сопоставление этих характеристик показывает, что:

характеристики, снятые при более высоких анодных напряжениях, располагаются выше. Иными словами, с увеличением анодного напряжения они сдвигаются влево;

анодный ток возникает при больших отрицательных напряжениях на сетке, например, если $U_a = 240$ В, то анодный ток возникает при $U_c = -9$ В, если $U_a = 180$ В, то при $U_c = -7$ В и т. д.;

чем выше напряжение на аноде, тем при данном напряжении на сетке больше анодный ток. Чтобы в этом убедиться, достаточно мысленно провести вертикаль AA , которая пересечет характеристики в точках $a-2$, и сравнить расстояния от горизонтальной оси до этих точек: чем расстояние больше, тем больше анодный ток;

характеристики сеточного тока (зеленые линии) с увеличением анодного напряжения располагаются ниже, и, кроме того, все они выходят из начала координат O . Последнее объясняется тем, что электроны могут оседать только на положительно заряженной сетке.

3. Характеристики показывают зависимость между токами и напряжениями.

4. Характеристики называются статическими, так как их снимают при фиксированных напряжениях на одном из электродов, в нашем случае на аноде.

Таблицы коммутационной способности контактов

Коммутационные контакты аппаратов — наиболее уязвимая часть электроустановки. Если не учитывать реальных условий их работы, то контакты преждевременно выйдут из строя, могут сгореть и даже привариться.

Коммутационная способность контактов, т. е. условия, при которых они надежно работают в течение положенного срока службы, зависит:

а) от свойств коммутируемой цепи: безындуктивная нагрузка (лампы, печи) легче коммутируется, чем нагрузка индуктивная (катушки реле, контакторов, приводы выключателей, электродвигатели);

б) от длительности прохождения тока через контакт: контакты, рассчитанные на кратковременный режим, нельзя замыкать длительно, иначе они перегреваются;

в) от скорости переключения. Например, контакты электромагнитного реле переключаются быстро — это хорошо, а контакты тепловых реле (если не приняты специаль-

ные меры ускорения) медленно — это плохо.

В каталогах приводятся таблицы коммутационной способности. Рассмотрим в качестве примера одну из них (табл. 6.1), относящуюся к одному из типов распространенных промежуточных реле.

Таблица 6.1

Род тока	Напря- же- ние, В	Ток, А	
		вклю- чае- мый*	отклю- чае- мый
Постоянный, постоянная времени нагрузки не бо- лее 0,01 с	12	10	5
	24	10	3
	48	10	1,5
	60	10	1,0
	110	10	0,5
	220	10	0,25
Переменный, коэффи- циент мощности не ме- нее 0,4	127	40	4
	220	32	3,2
	380	25	2,5

* Время нахождения под током включения не более 0,1 с.

Упражнение 6.3

Читателям рекомендуется проанализировать данные, приведенные в табл. 6.1, и сформулировать выводы, следующие из анализа.

Ответы

а Коммутационная способность в цепях постоянного тока значительно ниже коммутационной способности в цепях переменного тока. Например, при 220 В постоянного тока отключаемый ток 0,25 А, а при 220 В переменного тока 3,2 А, т. е. почти в 13 раз больше.

б. Включаемый ток значительно больше отключаемого, но он может проходить через контакты ограниченное время, в нашем примере не более 0,1 с, иначе контакты перегреются.

в. Чем выше напряжение цепи, в которую включены контакты, тем отключаемый ток меньше. Например, при 12 В постоянного тока отключаемый ток 5 А, а при 220 В — 0,25 А, т. е. в 20 раз меньше.

г. В таблице обусловлены характеристики цепей: постоянная времени не более 0,01 с в цепях постоянного тока и коэффициент мощности не менее 0,4 в цепях переменного тока. Постоянная времени и коэффициент мощности характеризуют скорости нарастания и спада тока при замыкании и размыкании цепи. Указанные в каталоге значения "не более 0,01 и не менее 0,4 с" примерно соответствуют индуктивности обычных электромагнитных аппаратов.

д. Значение номинального тока контактов, например 4 А, характеристика важная, но недостаточная, так как не учитывает ни рода тока, ни характера цепи, ни ее напряжения.

Рассмотрим еще один характерный пример распространенного указания в катало-

ге: "250 В, 5 А, 200 Вт". Оно означает, что допустимо размыкать ток не более 5 А, но при напряжении не выше $200:5 = 40$ В. Если же напряжение 250 В, то контакт может размыкать ток не более $200:250 = 0,8$ А.

Указания по настройке и регулировке аппаратуры

Ограничимся типичными примерами, чтобы показать, насколько важно при чтении и оценке работоспособности и устойчивости схемы проверять: а) выполнены ли требования инструкции по монтажу и эксплуатации; б) не выходят ли параметры аппаратуры, которые заданы составителем схемы, за пределы, указанные в паспорте, каталоге или другом руководящем документе.

Пример 6.1

Выше, в упражнении 5.8 (рис. 5.8), рассмотрена таблица настройки контактов

программного реле времени. Однако нельзя оценить реальность выполнения требований таблицы, не проверив, что она построена с соблюдением требований завода-изготовителя конкретного изделия. Для данного изделия эти требования сводятся к следующему:

1. Промежутки между переключениями контактов, время, в течение которого контакт замкнут, и общая продолжительность цикла должны быть соизмеримы. Нельзя, например, при цикле 6 ч настроить контакт на 10 с.

2. Валик, переключающий контакты, вращается не непрерывно (движение—остановка, движение—остановка). Значит, при настройке прибора нужно следить за тем, чтобы контакты переключались только во время движения; в противном случае к заданной длительности замыкания контакта прибавится длительность остановки.

3. Более двух контактов одновременно переключать нельзя.

4. Прибор не имеет самовозврата в исходное положение, из-за чего начавшийся цикл необходимо обязательно завершить, и только после его завершения прибор будет готов к повторению действия.

5. При исчезновении питания прибор останавливается, а после его восстановления продолжает работу. Это крайне опасно и вынуждает принимать специальные меры против несвоевременного переключения оперативных цепей (подробнее см. упражнение 5.8).



Пример 6.2

Если необходимо сразу же (т. е. не ожидая окончания цикла) повторить действие, то прибор, рассмотренный в примере 6.1, не годится. В этом случае необходим другой прибор с быстрым самовоз-

вратом. Самовозврат осуществляется пружиной, которая взводится (закручивается) при вращении валика прибора в процессе работы. Но чтобы пружину достаточно сильно взвести, необходимо совершить сравнительно много оборотов, а это достигается лишь в том случае, если требуемая в конкретном случае продолжительность цикла соизмерима со временем, на которое рассчитан прибор. Теоретически, например, при необходимой длительности цикла 3 мин можно взять 30-минутный прибор, используя только 0,1 его возможностей. Так, к сожалению, иногда и поступают, считая, что "запас" не повредит. А на самом деле недостаточно взведенная пружина не сможет возратить механизм. Он застрянет в промежуточном положении, не разомкнет контакты, не подготовится к повторению действия.

Воспользуемся случаем, чтобы обратить внимание читателей на то, что *запасы далеко не всегда хороши, а в ряде случаев категорически недопустимы*. Рассмотрим два примера. 1. Изоляция аппарата рассчитана на 500 В. Этот аппарат безусловно можно использовать в сети 380 В. 2. Контакт, рассчитанный на 10 А, можно использовать и при меньших токах: контакт будет меньше нагреваться, срок его службы увеличится. В приведенных случаях *запасы допустимы и полезны* (экономическая сторона вопросов, т. е. удорожание, не рассматривается).

Совершенно *недопустимы запасы* при выборе защиты. Дело в том, что слишком чувствительная защита будет отключать исправную электроустановку при нормальных эксплуатационных режимах, например при пуске электродвигателя, а слишком грубая может отказать. В этом случае сработает вышестоящая защита и отключит все электроприемники, входящие в группу.

Недопустимы запасы и такого рода, как рассмотрено в примере 6.2. Они "ликвидируют" те свойства аппарата, ради кото-

рых именно он применен, в данном случае самовозврат в исходное положение.

Недопустимы запасы в параметрических узлах схемы. Нельзя, например, увеличить сопротивление резистора и емкости конденсатора, образующих искрогасительный контур для защиты контактов. Такие "запасы" приведут к прямо противоположным результатам, чем те, на которые рассчитывал составитель схемы. Подробнее вопрос об искрогашении рассмотрен в § 7.6.

Обратимся теперь к случаям, касающимся простых массовых изделий. К ним инструкции по монтажу и эксплуатации не прилагаются. Ограничиваются указанием параметров.



Пример 6.3

В электроприводе, автоматике, телемеханике, связи, железнодорожной автоблокировке широко используют простейшие по устройству электромагнитные реле времени постоянного тока (см. рис. 2.29). Важнейшей частью таких реле является пластина (штрифт) отлипания. Она служит для фиксации конечного зазора между торцом сердечника и якорем, т. е. когда якорь притянут. В паспорте такого реле указывают верхний предел выдержки времени при возврате, например, для какого-либо конкретного случая 1,5 с (подробнее см. рис. 7.13).

Есть однако "умельцы", которые путем регулировки (а точнее сказать, разрегулировки) добиваются увеличения времени в 2 раза и более. А "регулировка" состоит в основном в уменьшении толщины пластины отлипания (по сравнению с той, что предусмотрена как наименьшая заводом-изготовителем), вплоть до ее ликвидации. В результате, если якорь даже не залипнет (а это достаточно вероятно), выдержка времени станет крайне неустой-

чивой. Это объясняется тем, что в области малых зазоров кривая зависимости выдержки времени от величины конечного зазора очень полого.

Одним словом, при анализе схемы нужно проверить, не предполагал ли ее составитель таких выдержек времени, устойчивость которых не гарантируется при нормальной регулировке аппаратуры.

Приведенных выше примеров достаточно, чтобы убедиться в том, насколько серьезно следует относиться к указаниям заводов-изготовителей и паспортным данным электротехнических изделий.

6.3. Влияние на электротехнические устройства и изделия нагрева и охлаждения, механических сил, влаги и других факторов

Материальной основой любой электроустановки являются электротехнические устройства и изделия. От их надежности, в конечном итоге, зависят устойчивость и долговечность электроустановок. Но электрооборудование (машины, приборы, аппаратура), провода, шины и кабели, приспособления для присоединений (зажимы, разъемы), электромонтажные изделия (кронштейны, скобы) и электромонтажные материалы (изоляционные ленты, трубки, лаки и т. п.) не вечны. Срок их службы ограничен и зносом. А износ наступает в результате нагрева и охлаждения, увлажнения, механических перегрузок, вибраций, разъедания и окисления изоляции и контактов, электролиза, ржавления магнитопроводов и пружин. Важно подчеркнуть, что эти явления практически никогда не действуют в одиночку. Обычно одно из них вызывает другие или сопровождается ими. Например, из-за увлажнения окисляются контактные поверхности, что приводит к увеличению переходного сопротивления, а это, в свою очередь, вызывает повышенный нагрев и т. д.

В электроустановках совместно работают материалы не только с различными свойствами, но и по-разному изнашивающиеся. Например, совместно работают металлы мягкие и твердые, тугоплавкие (медь) и легкоплавкие (припой, соединяющий медные проводники); металлы и графитовые щетки электрических машин; металлы и изоляционные материалы, причем свойства последних весьма различны. Так, например, гетинакс, текстолит, фибра, органическое стекло далее не всегда взаимозаменяемы. Далеко не одно и то же лаки покровные и изоляционные и т. п. Одним словом, трудно найти такой материал, который не применяется в электротехнике. Более подробно о свойствах материалов и особенностях их применения рассказано в [6] и [12]. Нам же необходимо ясно представить себе, что срок службы электротехнического изделия лимитирует износ наименее стойкого к нему материала. Например, срок службы провода определяет его изоляция, а не металлический проводник.

Нагрев и охлаждение

Нагрев изделий до недопустимо высокой для них температуры приводит к неблагоприятным, а в ряде случаев опасным последствиям. В одних случаях нарушается регулировка, в других — сокращается срок службы, в третьих изоляция просто сгорает. Рассмотрим примеры.

При нагреве увеличивается сопротивление катушек реле, электромагнитов, пускателей. Из-за увеличивающегося сопротивления ток, проходящий через катушку, уменьшается, а в результате снижается развиваемое механическое усилие: аппарат хуже "тянет". Другой пример: ток КЗ, своевременно не отключенный, проходя через контактные пружины аппаратов, отжигает их: пружины теряют упругость.

Чтобы представить себе, с какой катастрофической быстротой снижается срок службы из-за, казалось бы, небольших повышений температуры, приведем цифры, иллюстрирующие характер процесса. Пусть изоляция катушки при температуре 90°C служит 10 лет. Но если ее перегреть всего (!) на $10, 20, 30, 40$ и 50°C , то срок службы снизится соответственно в 2, 4, 8, 16 и 64 раза! Иными словами, катушка сгорит менее чем за 2 месяца.

Причин для повышения температуры в электроустановках много. Во-первых, это внутренние причины: а) нагрев током, проходящим через провода, коммутирующие (переключающие) контакты аппаратов, когда они замкнуты, а также через зажимы, разъемы и т. п.; б) нагрев искрой (кратковременный) и дугой (длительный электрический разряд) при размыкании контактов; в) преобразование в теплоту потерь на перемагничивание магнитопроводов электрических аппаратов и машин переменного тока; нагрев вихревыми токами.

Во-вторых, это внешние причины — нагрев электроустановок окружающей среды. Докажем это. Допустим, что температура кабеля, проложенного в коллекторе, 40°C , а воздух в нем нагрет до $20, 30, 40, 50^{\circ}\text{C}$. При 20°C охлаждение интенсивнее, чем при 30°C . При 40°C кабель не охлаждается, так как температуры кабеля и воздуха одинаковы. При 50°C воздух не охлаждает, а нагревает кабель.

В-третьих, работа электрооборудования в более тяжелом режиме, чем тот, для которого оно предназначено. Например, нельзя длительно включать включающий электромагнит привода выключателя, так как он рассчитан на кратковременное включение, в пределах нескольких секунд. Весьма важно применять электродвигатели именно в том режиме, для которых они изготовлены. Этот важный вопрос рассмотрен ниже.

В-четвертых, нарушение условий теплообмена. Это требует пояснений. Дело в том, что температура определяется совместным действием нагрева и охлаждения, а нагрев зависит от количества выделяющейся теплоты, которое пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению и времени протекания тока. Значит, чем дольше включено изделие, тем больше в нем выделяется теплоты. Однако одновременно с нагревом всегда происходит охлаждение, причем чем выше была бы температура при отсутствии охлаждения, тем охлаждение интенсивнее. Одним словом, рост температуры постепенно замедляется и, наконец, при некоторой температуре наступает динамическое равновесие: сколько теплоты выделяется, столько же отводится. Эта максимальная температура называется установившейся.

Обратим внимание читателей на важные особенности теплообмена. Они состоят в том, что: а) более нагретое изделие нагревает менее нагретое, а не наоборот; б) любое включенное изделие нагревает воздух, т. е. ухудшает условия охлаждения всех изделий; в) чем меньше объем изделия, тем при прочих равных условиях температура его выше и, следовательно, меньше допустимое превышение температуры.

В технических документах встречаются термины: "допустимая температура" и "допустимое превышение температуры", но это далеко не одно и то же. Дело в том, что допустимая температура определяется свойствами конкретной изоляции и, например, для непропитанной пряжи составляет 90°C. Допустимое превышение температуры меньше допустимой температуры, так как изделие находится в среде, которая сама нагрета. Например, если допустимая температура 90°C, а температура среды 40°C, то допустимое превышение температуры (над температурой среды) $90 - 40 = 50^\circ\text{C}$.

Теплота всегда отводится в окружающую среду. Наиболее просто и распространено естественное охлаждение. Именно так охлаждаются реле, контакторы, бытовые электроприборы. Если же тепловые потери настолько велики, что теплоту нельзя отвести в достаточной мере естественным путем, то приходится применять искусственное охлаждение, т. е. вентиляцию. И если изделия — трансформатор, электродвигатель и другие — предназначены для эксплуатации с вентиляцией, то без вентиляции их ни в коем случае нельзя эксплуатировать.

Относительная продолжительность включения (ПВ, %) является важной характеристикой электрооборудования. Иногда говорят: относительная продолжительность работы (ПР, %). Суть дела состоит в том, что изделия, не предназначенные по тепловому режиму для длительного включения (работы), надо время от времени отключать, чтобы они остывали. Это требование характеризуется значением ПВ, %:

$$\text{ПВ} = \frac{t_p}{t_p + t_o} 100\% = \frac{t_p}{T_{\text{ц}}},$$

где t_p — время работы при номинальных условиях; t_o — период отключенного неподвижного состояния; $T_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла,

$$T_{\text{ц}} = t_p + t_o.$$

Если в каком-либо случае дано только t_p (но неизвестно значение t_o), то продолжительность цикла принимают равной 10 мин.



Упражнение 6.4

1. Определить значения ПВ для двух случаев: 1) $t_p = 2$ мин, $t_o = 6$ мин; 2) $t_p = 2$ мин. Из сравнения полученных результатов явствует, что при полной определенности (случай 1), т. е. когда

известны и t_p и t_o , значение ПВ получилось большим. Не опасно ли использовать результат, полученный в случае 2? 2. В условиях эксплуатации фактическое ПВ (например, 40%) больше паспортного, например 25%. К каким последствиям это приведет и когда они обнаружатся? 3. Допустимо ли применять изделие, если паспортное ПВ, например 60%, больше фактического, например 25%? 4. На изделии ПВ вообще не обозначено, есть ли в этом какой-либо смысл или это просто недосмотр, ошибка?



Ответы

1. Случай 1) $PВ = \frac{2}{2+6} 100\% = 25\%$. Случай 2) $PВ = \frac{2}{10} 100\% = 20\%$ (продолжительность цикла принята 10 мин). Меньшее ПВ обязывает применять изделие в более благоприятных условиях и, следовательно, не опасно.
2. Если фактическое ПВ больше паспортного, то срок службы изделия сократится. Но это обнаружится не сразу, а может быть, через несколько лет.
3. Допустимо, но неэкономично.
4. Если ПВ не обозначено — значит изделие рассчитано на длительный режим.

Номинальные режимы работы электродвигателей. Стандарт устанавливает восемь номинальных режимов работы, которым присвоены обозначения от *S1* до *S8*.

S1 — режим продолжительной нагрузки — работа при постоянной нагрузке M , достаточно длительная для достижения теплового равновесия, т. е. для достижения всеми частями электродвигателя установившейся температуры θ_{max} , после чего она остается практически постоянной (рис. 6.3,а).

S2 — режим кратковременной нагрузки — работа при постоянной нагрузке в течение заданного времени, меньшего, чем требуется для получения теплового равновесия, с последующим отключением неподвижным состоянием достаточной продолжительности для достижения двигателем температуры окружающей

среды θ_o (рис. 6.3,б). Нормируются следующие продолжительности кратковременной работы t_p : 10, 30, 60 и 90 мин.

S3 — режим повторно-кратковременной нагрузки — последовательность идентичных рабочих циклов, каждый из которых состоит из периода работы t_p при постоянной нагрузке и отключенного неподвижного состояния t_o . Длительность этих периодов недостаточна для достижения теплового равновесия за время одного рабочего цикла $T_{ц}$, а наличие пускового тока существенно не влияет на нагрев (рис. 6.3,в). Для режима *S3* характеризующей величиной является продолжительность включения ПВ. Значения ПВ устанавливаются: 15, 25, 40 и 60%.

S4 — режим повторно-кратковременной нагрузки, включая пуск, отличается от режима *S3* тем, что пусковые потери оказывают существенное влияние на превышение температуры отдельных частей двигателя. Режим *S4* характеризуется относительной продолжительностью включения (15, 25, 40 и 60%), числом включений в час (30, 60, 120, 240) при коэффициенте инерции 1,2; 1,6; 2,0; 4,0; 6,3; 10,0. Чем больше коэффициент инерции, тем тяжелее пуск.

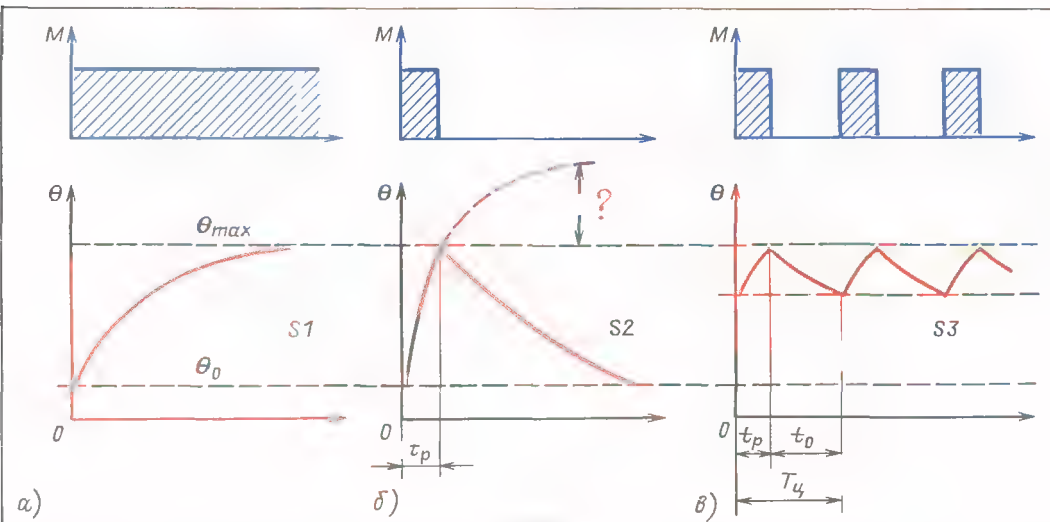
Режимы *S5*–*S8* относятся к более сложным условиям работы — электрическое торможение, переменная нагрузка, реверсирование и др.

Двигатель, номинальный режим которого не соответствует реальным условиям работы, либо не сможет надежно работать, например "не возьмет" под нагрузкой, либо будет неэкономичен, либо перегреется и в скором времени сгорит.



Упражнение 6.5

Руководствуясь рис. 6.3, ответить на вопросы. 1. Для какого режима должен быть выбран двигатель вентилятора? 2. Чему равен отрезок, обозна-



ченный на рис. 6.1, б вопросительным знаком?
3. Что иллюстрирует красная штриховая линия на этом рисунке?



Ответы

1. Для режима *S1*, так как вентиляция обычно работает длительно.
2. Отрезок в соответствующем масштабе равен превышению температуры над допустимой θ_{max} .
3. Штриховая линия иллюстрирует недопустимый процесс продолжающегося нагрева в том случае, если бы двигатель, изготовленный для режима *S2*, был использован в режиме *S1*.

Сильное охлаждение в ряде случаев вредно. Например, провода и кабели не всех марок можно прокладывать при низких температурах, так как некоторые изоляционные материалы, например пластмассы, при низких температурах становятся хрупкими. При перегибании в изоляции образуются волосяные трещины, что совершенно недопустимо.

Другой пример. При длительной остановке двигателя его температура может оказаться ниже температуры, при которой наступает конденсация влаги. В этом случае,

Рис. 6.3. Графическое изображение номинальных режимов работы двигателей:

a – режим *S1*; *б* – режим *S2*; *в* – режим *S3*;
 θ_{max} – максимальная (установившаяся) температура;
 θ_0 – температура окружающей среды;
 t_p – время работы при номинальных условиях;
 t_0 – период отключенного неподвижного состояния;
 $T_{ц}$ – продолжительность цикла

если в электромашином помещении повысится температура, избыточная влага, конденсируясь на холодных обмотках двигателя, снизит его изоляцию.

Термическая стойкость – это условия, обусловленные заводами-изготовителями электротехнического оборудования; при соблюдении их нагрев не превосходит значений, при которых изделие служит в течение нормированного срока службы. Заметим, что *перегрев* – явление обманчивое. Если он не очень велик, то его последствия сразу не очевидны, а когда они обнаружатся, то уже поздно принимать какие-либо меры – изделие испорчено.

Механические силы

В электроустановках неизбежны механические силы. В одних случаях они необходи-

мы и полезны, в других вредны. Рассмотрим типичные примеры.

1. В генераторах и двигателях кроме сил, необходимых для преобразования механической энергии в электрическую (генераторы) и электрической в механическую (двигатели), возникают вредные центробежные силы. Они действуют по радиусу ротора в направлении от его центра и стремятся "вырвать" проводники из пазов.

2. Механические силы возникают при изменениях температуры электроустановок и их деталей: размеры деталей изменяются, причем в разной степени, в зависимости от материалов, из которых они изготовлены.

3. Ток создает вокруг проводников магнитное поле. В результате в электромагнитах возникают полезные механические силы. Однако силы, имеющие ту же природу, действующие между параллельно расположенными проводниками, вредны: в зависимости от направления токов они либо притягивают проводники, либо отталкивают их. А при коротких замыканиях, когда токи весьма велики, силы настолько значительны, что могут разрушить электроустановку, если в случаях, обусловленных Правилами, она сооружена без соблюдения требований динамической стойкости.

4. Сила тяжести — вес — создает давление на опорные конструкции (фундаменты, подшипники), нагружает тросы грузоподъемных механизмов, изоляторы и опоры линий электропередачи.

5. При прочих равных условиях чем подвижная часть (якорь, сердечник, ротор) массивнее, тем для ее перемещения требуется больше времени. Например, чем массивнее ротор двигателя, тем он медленнее разворачивается и медленнее останавливается.

Механические силы действуют не только в движущихся, но и в неподвижных частях электроустановок. Например, силы

теплового расширения нагружают неподвижные опорные изоляторы.

Механические вибрации возникают в электрических машинах, агрегатах, состоящих из двигателя и сочлененного с ним приводимого механизма, магнитопроводах трансформаторов, контакторах и пускателях переменного тока, в дросселях пускорегулирующих аппаратов (ПРА) устройств люминесцентного освещения и т. п.

Вредными последствиями вибраций являются:

повреждения контактов, так как вибрирующие контакты искрят и портятся;

перегрев обмоток — якорь аппарата переменного тока вибрирует, из-за чего увеличивается зазор в магнитной цепи, что приводит к уменьшению индуктивного сопротивления и, как следствие, к увеличению тока и перегреву обмотки;

механические поломки. Дело в том, что вибрация агрегатов приводит к часто повторяющимся деформациям. Они вызывают повышенные механические напряжения, в результате которых могут наступить поломка вала, задевание ротора за статор, подплавление подшипников. Передаваясь через подшипники на опорную раму, вибрации могут ее разрушить. Чем больше частота вращения, тем вибрация опаснее.

Механический резонанс особенно опасен. При резонансе амплитуда вынужденных колебаний (т. е. колебаний, вызванных воздействием периодической внешней силы) резко возрастает, когда период синусоидальной внешней силы приближается к периоду собственных колебаний тела. Собственные (или свободные) колебания возникают, если тело, выведенное из состояния равновесия, предоставить самому себе.

Механический резонанс может возникнуть, например, в процессе разгона ротора при какой-то промежуточной частоте вращения; с увеличением частоты резонанс прекращается. Резонанс может возникнуть

не во всем механизме, а только в какой-либо его части; при резонансе она может отломиться.

Влага, пыль и другие загрязнения

Влага проникает в трещины, впитывается в гигроскопичные материалы, поднимается по волокнам, как в фитиле. Вода смешивается с грязью, растворяет кислоты и щелочи, образуя электролиты. Из-за их электропроводности возникают "утечки", вызывающие, например, саморазряд аккумуляторов. Электролиты разрушают не только изоляционные материалы, но и металлы.

Ржавчина — прямое следствие смачивания. Из-за нее уменьшается сечение стальных деталей, снижается их механическая прочность. Особенно опасно ржавление пружин. А если заржавеет торец магнитопровода, к которому притягивается якорь, то это равносильно изменению величины конечного зазора, из-за чего нарушатся временные характеристики.

Химическим воздействием подвержены многие материалы. Например, най ритовую изоляцию и алюминиевые жилы проводов разрушают штукатурные растворы, содержащие добавки поташа и мылонафта. Под воздействием воздуха и света в резине появляются трещины, резина стареет.

Любая пыль для электроустановок вредна. Например, электропроводная графическая пыль от щеток электрических машин и электропроводная металлическая пыль, образующаяся при металлообработке, проникает через трещины в изоляции и портит ее. Обычная пыль и в особенности строительная — цементная, известковая и т. п. — нарушает контакты.

Перенапряжения

При рабочем напряжении изоляция надежна и нет причин для ее нарушения. Но

если напряжение по какой-либо причине повысится, то возникнет перенапряжение, которое может оказаться опасным: может возникнуть либо пробой изоляции — ее необратимое повреждение, либо перекрытие по поверхности изоляции.

Важнейшими характеристиками изоляции являются: а) электрическая прочность — способность изоляции выдерживать без повреждений повышенное напряжение; б) сопротивление изоляции между проводниками, а также между проводниками и "землей"; в) электрическая емкость между жилами кабелей и заземленными конструкциями, на которых уложены кабели, а также между жилами и разделяющей их изоляцией. Емкостные связи между жилами протяженных кабелей и между жилами и "землей" могут явиться причиной образования ложных цепей (подробнее см. гл. 10).

Обратим особое внимание на *крайне опасное явление — резонанс напряжений*, который может возникнуть при неблагоприятных сочетаниях индуктивности и емкости.

Резонанс напряжений — причина перенапряжений, которые в десятки раз превышают номинальные напряжения.

Краткие выводы

Итак, электроустановки подвержены различным воздействиям, далеко не всегда благоприятным.

Значит, одной из важных задач чтения схем является *сопоставление реальных условий эксплуатации с условиями, на которые рассчитаны электротехнические изделия их изготовителями.*

Одним словом, распространенные оценки "хорошая схема" и "плохая схема" сами по себе, т. е. без привязки к конкретной аппаратуре и конкретным условиям эксплуатации, лишены смысла.

6.4. Макроклиматические условия, категории размещения и степени защиты электрооборудования

Макроклиматические районы. Изделия, предназначенные для эксплуатации на суше, реках и озерах, обозначают, как правило, установленными стандартом буквами: У — умеренный климат; ХЛ — холодный; Т — тропический.

Категории размещения. В зависимости от места размещения изделия изготавливаются по категориям:

1 — для работы на открытом воздухе;
2 — в помещениях, где колебания температуры и влажности несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например в палатках, под навесом;

3 — в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха, а также воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе;

4 — в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями;

5 — в помещениях с повышенной влажностью.

В условное обозначение типа (марки) изделия дополнительно после всех обозначений, относящихся к модификации изделия, вводят буквы и цифры, обозначающие его климатическое исполнение и категорию. Например, электродвигатель типа 4А50А4 климатического исполнения У для категории размещения 3 обозначают 4А50А4У3.

Степени защиты электрооборудования напряжением до 1 кВ обозначают по следующей системе. После букв IP (от слов International Protection — международная защита) ставят две цифры. Первая из них указывает степень защиты от прикосновения и попадания посторонних тел. Вторая —

от проникновения воды. Чем больше цифра, тем совершеннее защита.

Например, электродвигатели единой серии 4А защищенного исполнения имеют степень защиты IP23, т. е. они защищены от возможности соприкосновения пальцев с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки, от попадания твердых посторонних тел среднего размера диаметром не менее 12 мм (цифра 2) и от дождя под углом менее 60° (цифра 3).

Электродвигатели этой же серии защищенного обдуваемого исполнения имеют степень защиты IP44.

Как уже сказано, чем больше цифра, тем защита совершеннее. Так, например, 0 — водонезащищенное электрооборудование; 2 — каплезащищенное (защита от капель, падающих под углом к вертикали до 15°); 3 — дождезащищенное; 4 — брызгозащищенное и т. д.; 8 — герметичное.

В некоторых случаях степень защиты от пыли и соприкосновения обозначают цифрой со штрихом. Например, пылезащитные светильники могут быть либо открытыми (цифра 2), либо перекрытыми (цифра 2'). В данном случае специальная защита светильника отсутствует, но попадание в него пыли ограничено неуплотненными светонепроницаемыми оболочками. Обратите внимание: если применяется цифра со штрихом, то буквы IP не пишут. Так, например, надо писать IP53, а не IP5'3).

Если защита отсутствует, то пишут 0.

Если в обозначении взамен цифры стоит знак X, это значит, что в одном из видов защиты необходимости нет.

Здесь сформулированы только основные понятия и объяснена система построения обозначений. Для данной книги этого вполне достаточно. Подробные сведения читатели найдут во многих справочниках.

Распространенные приемы получения заданных результатов

7.1. Связывание простых и разделение сложных цепей

Как следует из названия книги и предисловия к ней, она посвящена не составлению, а чтению схем. И тем не менее читать схему гораздо легче, если известны основные приемы, которыми пользуется ее составитель, чтобы получить заданные результаты, а исходят при составлении схемы из того, что каждое из заданных условий действия удовлетворяется простой электрической цепью. Поэтому составитель, зная условия, которые должна выполнять схема в целом, сначала каждое из них изображает в виде простой цепи. Затем, если нужно, эти цепи связывает. После их связывания проверяет, не образовались ли при связывании ложные цепи, т. е. такие, по которым происходят недопустимые действия. И если такие цепи получились, то их разделяют.

Итак, составитель схемы идет от простых цепей к сложным. А тот, кто читает схему, поступает наоборот, а именно: сложную схему мысленно разделяет на простые и, рассматривая каждую из них, выявляет и сполнительные условия действия и сравнивает их с заданными.

Простые цепи. Что же такое простая цепь? Простой цепью условимся называть такую, которая состоит из одного источника тока (батареи, вторичной об-

мотки трансформатора, заряженного конденсатора, возбужденной катушки индуктивности и т. п.), одного приемника (двигателя, резистора, лампы, катушки реле, разряженного конденсатора и т. п.), прямого провода (от источника к приемнику), обратного провода (от приемника к источнику) и одного коммутирующего контакта (контакта выключателя, реле и т. п.). Понятно, что в цепях, не допускающих размыкания, а также в цепях, не предназначенных для коммутации, контактов нет.



Пример 7.1

Рассмотрим рис. 7.1,а. На нем простыми цепями изображены следующие условия действия.

1. Электромагнит включения $YA1$ привода масляного выключателя должен включаться и отключаться контактом промежуточного контактора $KM1$, имеющим дугогашение. Это условие выполняется цепью 1-2*.

2. Контактор должен при местном управлении включаться и отключаться с счита-

* На некоторых рисунках этой и следующих глав цепи обозначены двумя номерами, например 1-2 ... 7-8 ... 15-16. Это сделано исключительно для облегчения изложения

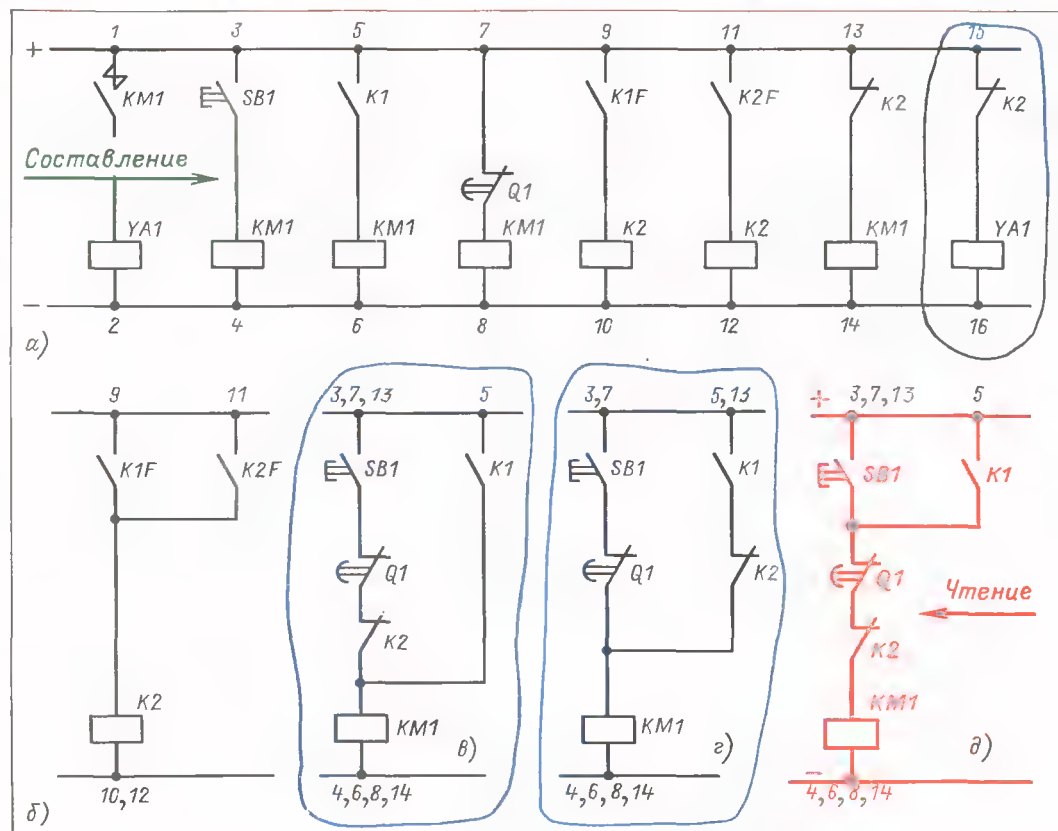


Рис. 7.1. Составление простых цепей и их естественное связывание. К примерам 7.1 и 7.9 и упражнению 7.1

кнопочным выключателем $SB1$, имеющим самовозврат (цепь 3-4).

3. Контактор должен включаться и отключаться контактом $K1$ автоматического устройства (цепь 5-6).

4. Электромагнит $YA1$ должен автоматически отключаться независимо от длительности замыкания $SB1$ в цепи 3-4 и контакта $K1$ в цепи 5-6. Это условие достигается введением в цепь 7-8 катушки $KM1$ вспомогательного контакта $Q1$ привода масляного выключателя.

5. Включение должно быть исключено,

если имеет место нарушение режима (или неисправность, приведшая к замыканию контакта защитного реле $K1F$). Контакт $K1F$ включает сравнительно "легкое" (требующее небольшого тока) промежуточное реле блокировки $K2$ (цепь 9-10), а его контакт, в свою очередь, размыкает цепь 13-14 катушки $KM1$.

6. Аналогичные действия должны происходить в режиме автоматического управления при неисправности, приведшей к замыканию контакта реле $K2F$. Обратим внимание на цепь 15-16. На ней контакт реле блокировки $K2$ введен непосредственно в цепь электромагнита включения $YA1$ (а не в цепь 13-14 катушки $KM1$). Теоретически все равно, в какую цепь введен

контакт $K2$, так как в любом случае он предотвратит включение при наличии неисправности. А на самом деле введение контакта в цепь электромагнита, рассчитанного на ток примерно 100 А, — это *грубейшая и недопустимая ошибка*.

Итак, сформулированные условия действия изображены семью простыми цепями. Но из рис. 7.1,а непосредственно видно, что в любую из цепей 3-4, 5-6, 7-8, 13-14 входит одна и та же катушка $KM1$ и, следовательно, хотим мы этого или нет, она естественно цепи связывает. Обратившись далее к цепям 9-10 и 11-12, видим, что их естественно связывает катушка $K2$. После этих предварительных замечаний графически выполним это связывание (см. рис. 7.1,б–д). Так, на рис. 7.1,б связаны цепи 9-10 и 11-12. На рис. 7.1,д показана окончательная схема, удовлетворяющая всем сформулированным (но не всем необходимым в данном случае) условиям действия.

Упражнение 7.1

Ответить на вопросы. 1. Какая ошибка допущена при связывании цепей на рис. 7.1,а и каковы ее недопустимые последствия? 2. Какая ошибка допущена при связывании цепей на рис. 7.1,г? 3. Как исправить обе ошибки? 4. Каким обязательным условиям не удовлетворяет схема на рис. 7.1,д?

Ответы

1. Контакты $Q1$ и $K2$ действуют только при местном управлении, но при автоматическом бездействуют, из-за чего: а) длительное замыкание контакта $K1$ (в ряде конкретных схем это может иметь место) приведет либо к перегреву электромагнита $YA1$, либо перегорят защищающие его предохранители; б) автоматическое включение возможно в случаях, когда оно недопустимо, так как ему не препятствует реле $K2$.

2. Контакт $Q1$ действует только при местном управлении, а контакт $K2$ — только при автоматическом. Значит: а) местное управление возможно в случаях, когда оно недопустимо; б) при автоматическом управлении электромагнит $YA1$ может либо перегреться, либо перегорят его предохранители.

3. Выполнить схему так, как сделано на рис. 7.1,д.

4. Схема не удовлетворяет двум обязательным условиям (которые здесь умышленно опущены, чтобы не отвлекаться от рассматриваемого вопроса). Первое из них состоит в недопустимости одновременности местного и автоматического управления. Один из возможных способов их взаимного исключения рассмотрен ниже в примере 7.8 (см. рис. 7.6,б). Второе — в предотвращении “качаний”, т. е. нескольких самопроизвольных включений выключателя на поврежденную линию.

Пример 7.2

На рис. 7.2,а изображена схема управления двигателем $M1$, цепь которого защищена автоматическим выключателем $QF1$. Двигатель включается и отключается пускателем $KM1$, для управления которым служат кнопочные выключатели $SB1$ (“Стоп”) и $SB2$ (“Пуск”). Силовая цепь показана в однолинейном изображении, а один участок ее приведен более подробно. Воспользуемся этим примером, чтобы выполнить упражнение 7.2.

Упражнение 7.2

Требуется сперва разделить силовую цепь на простые цепи, а затем объединить их. 2. Разделить цепь управления на простые цепи и, руководствуясь ими, сформулировать и исполнить условия действия каждой из них. 3. Мысленно объединяя попарно цепи 4 и 5, 4 и 6, 5 и 6, сформулировать условия действия каждой из перечисленных пар и сделать обобщающий вывод. 4. Как видно из рис. 7.2,а, двигатель и цепи управления им защищены общим автоматическим выключателем. Что на этом основании можно сказать о мощности двигателя?

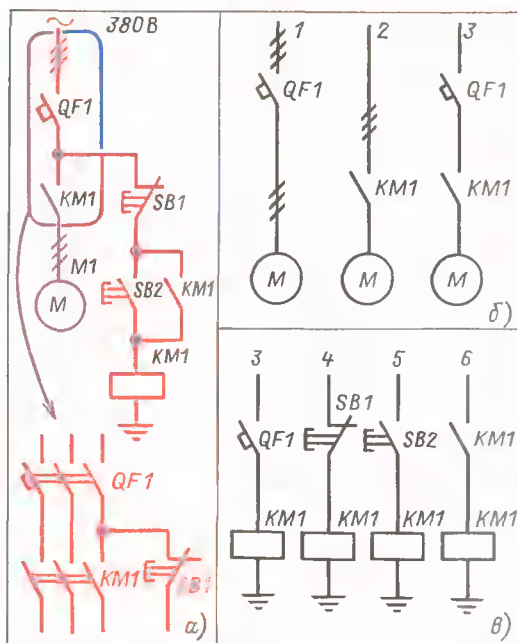


Рис. 7.2. Разделение схемы на простые цепи. К примеру 7.2 и упражнению 7.2

ным. Он немедленно отключается при исчезновении напряжения, а при его восстановлении самопроизвольно включиться не может. Так осуществляется так называемая нулевая защита. Из рассмотрения результатов парного объединения цепей следует, что ни одно из них не годится: нужно объединить все четыре цепи.

4. Цепи управления и двигатель защищены одним и тем же автоматическим выключателем. Значит, мощность двигателя не более 15 кВт. При большей мощности уставка автоматического выключателя была бы слишком велика для защиты цепей управления; их следовало бы защищать другим автоматическим выключателем или предохранителем на ток 15–20 А.



Пример 7.3

На рис. 7.3,а на первый взгляд один источник тока, полюсы которого обозначены "+" и "-". На самом деле разделение схемы на простые цепи обнаруживает два источника. Дело в том, что при размыкании контакта 1 накопленная в катушке реле 2 энергия освобождается и образуется цепь: катушка 2 – резистор r , в котором некоторое время существует ток, замедляющий возврат реле. Аналогичные явления происходят в схеме на рис. 7.3,б, где при замыкании контакта 3 конденсатор C , являясь электроприемником, заряжается, а при размыкании контакта становится источником тока и разряжается на катушку 4 (см. синие стрелки).



Упражнение 7.3

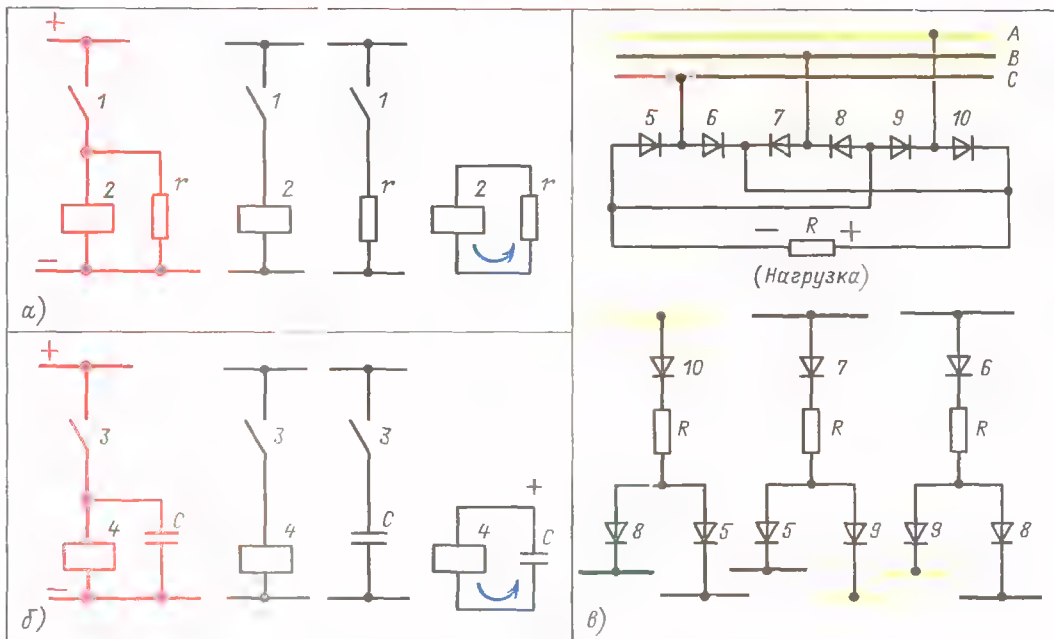


Ответы

1. Ответ дан на рис. 7.2,б – цепи 1–3.
2. При раздельном существовании простых цепей (рис. 7.2,в) они отвечают следующим условиям. Цепь 3 – защита автоматическим выключателем. Цепь 4 – пускатель отключается кнопочным выключателем $SB1$, но немедленно включается, как только его отпустят. Цепь 5 – пускатель выключается кнопочным выключателем $SB2$, но немедленно отключается, как только его отпустят. Цепь 6 – включенный любым способом пускатель остается включенным, так как получает питание через собственный вспомогательный контакт.

3. Объединение цепей 4 и 5: пускатель включается кнопочным выключателем $SB2$, но немедленно отключается, как только его отпустят. Объединение цепей 4 и 6: включенный ранее любым способом пускатель отключается кнопочным выключателем $SB1$ и остается отключенным; объединение цепей 5 и 6: включенный любым способом пускатель остается включен-

1. В приведенном выше пояснении к рис. 7.3,а, сказано, что в резисторе r некоторое время существует ток. Каков его характер, чем определяется его длительность и почему он прекращается? 2. На рис. 7.3,в показан столб из шести полупроводниковых диодов 5–10, соединенных в трехфазную мостовую схему. Нагрузкой служит резистор R . Разделить эту схему на простые цепи. Чем характерна каждая из них? Какими



соображениями следует руководствоваться при разделении схемы?

Рис. 7.3. Разделение схемы на простые цепи. К примеру 7.3 и упражнению 7.3



Ответы

1. Ток затухает (с течением времени уменьшается). Длительность тока определяется соотношением активного сопротивления цепи (сумма сопротивлений катушки 2 и резистора r) и индуктивности катушки (см. ниже пример 7.22, где этот вопрос рассмотрен подробно). Ток прекращается, когда энергия, запасенная в катушке, переходит в теплоту и рассеивается.

2. Ответ дан на рис. 7.3, в снизу. Характерно здесь то, что одному прямому проводу (от одной фазы) соответствуют два обратных; так, например, ток от фазы A , пройдя через диод 10 (в направлении "острия") и резистор R , возвращается через диоды 8 и 5 к двум другим фазам $\sim B$ и C соответственно. При разделении цепей надо "идти" в направлении "острия" от одной фазы через нагрузку R к тем другим фазам, к которым направлены "острия". Например, от фазы C в диод 6 (а не в диод 5!), а после нагрузки — через диод 8 к фазе B и через диод 9 к фазе A .

В рассмотренных рис. 7.1 и 7.2 в результате связывания цепей получились именно те условия действия электроустановок в целом, которые требуются. Рисунок 7.3 обнаружил явления, происходящие не в установившемся режиме (т. е. в режиме, когда переключения уже завершились), а возникающие в процессе переключений. Многие из них, если их знать и правильно использовать, имеют полезные применения. Но есть и такие, которые могут привести к ложным цепям, опасным колебательным процессам и т. п., причем совершенно неожиданным. В следующих главах они подробно рассмотрены и объяснены. Здесь же мы ограничимся рассмотрением простых, но типичных случаев, когда цепи приходится искусственно разделять или, как иногда говорят, развязывать.

 Пример 7.4

На рис. 7.4,а показана схема, проще которой, пожалуй, трудно придумать. В ней две сигнальные лампы *HL1* и *HL2*. Лампа *HL1* включается при замыкании сигнального контакта *K1* (синяя стрелка), если возникает одна неисправность; лампа *HL2* включается контактом *K2* при другой неисправности. В обычных условиях лампы погашены. Чтобы проверить их исправность, время от времени на них подают питание через кнопочный выключатель *SB1* (красные штриховые стрелки).

Но чтобы одним выключателем *SB1* проверить обе лампы, надо его присоединить к обеим лампам, из-за чего между ними неизбежно образуется перемычка. По ней при возникновении одной неисправности включаются обе лампы: лампа *HL1* — правильно — синяя стрелка, лампа *HL2* — ложно — зеленая стрелка (см. рис. 7.4,б). При возникновении другой неисправности лампа *HL2* включается правильно, а лампа *HL1* — ложно (см. рис. 7.4,в).

Чтобы исправить схему, не обходясь с разделением цепей ламп — другого решения быть не может. Однако разделить их можно двумя способами: либо применить двухполюсный выключатель (рис. 7.4,г), либо ввести в перемычку встречно-соединенные диоды *V1* и *V2* (рис. 7.4,д). Через диоды ток от *SB1* проходит в обе лампы (красные стрелки), а при возникновении неисправности только в ту, что требуется, так как путь в другую лампу преграждает диод. Например, при замыкании контакта *K1* включается только лампа *HL1*; при замыкании контакта *K2* — только лампа *HL2*.

Благодаря тому, что диоды соединены встречно, полярность источника питания не имеет значения, в частности, схема правильно работает и на переменном токе. Но

в этом случае при проверке исправности ламп они горят тускло, так как из-за односторонней проводимости диодов одна половина синусоиды срезается.

В рассмотренной схеме (рис. 4.7,а–д) разделение цепей неизбежно. Рассмотрим теперь схему, иллюстрирующую целесообразность разделения цепей.

 Пример 7.5

Схема на рис. 7.4,е состоит из трех частей — для наглядности они изображены разными цветами. Каждая часть схемы имеет самостоятельное питание при напряжениях U_1 , U_2 и U_3 соответственно, например 110, 60 и 12 В.

Рассмотрим действие схемы, воспользовавшись диаграммой взаимодействия. Итак, импульсный контакт *K3*, замыкаясь (точка 1), включает "сильную" катушку реле *K1*; ее сопротивление в нашем примере 600 Ом. Реле срабатывает (точка 2) и включает "слабую", удерживающую катушку *II* (точка 3) сопротивлением 5000 Ом и лампу *HL3*. Контакт *K3* размыкается (точка 4), но реле продолжает получать питание через катушку *II*, благодаря чему оно остается включенным. Чтобы погасить лампу и привести схему в исходное положение, достаточно нажать кнопочный выключатель *SB2* (точка 6). При этом размыкается цепь катушки *II*: реле возвращается в исходное положение (точка 7) и отключает лампу. Через некоторое время (точка 8) вновь замыкается контакт *SB2*, но реле больше сработать не может, так как в цепь катушки *II* введен собственный замыкающий контакт, который к этому времени уже разомкнут. А контакт *K3* вновь замыкается только тогда, когда в срабатывании реле *K1* снова возникнет необходимость.

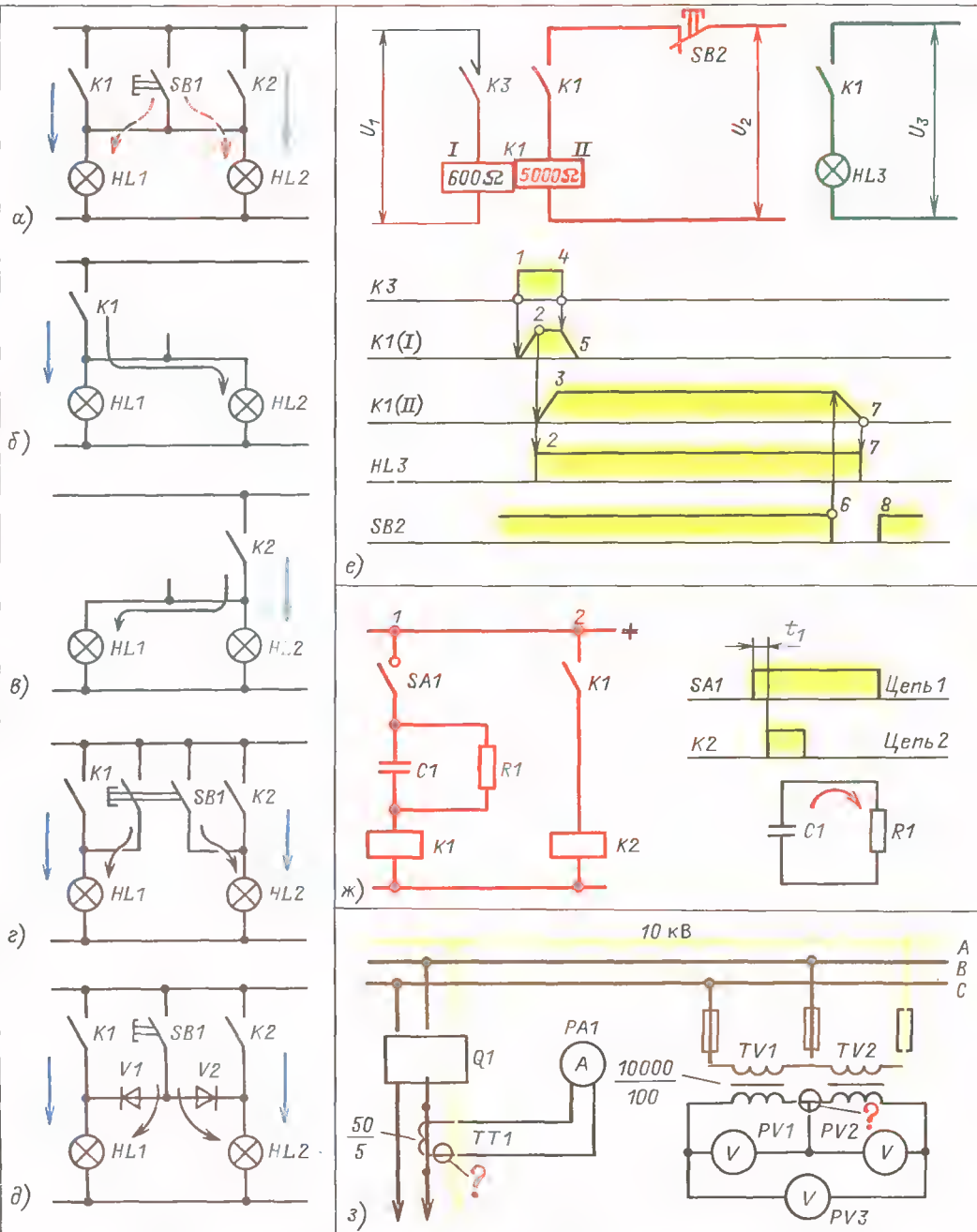


Рис. 7.4. Разделение цепей. К примерам 7.4–7.7 и упражнениям 7.4 и 7.5

Целесообразность разделения цепей в данном случае состоит в следующем:

а) питание реле в длительном режиме, через удерживающие, сравнительно маломощные катушки дает большую экономию энергии и уменьшает тепловыделение, что в аппаратных диспетчерских пунктов, где имеются сотни реле, весьма существенно;

б) при напряжении 12 В миниатюрные сигнальные лампы можно питать без добавочных резисторов, что не только просто, но и экономно.



Пример 7.6

Иллюстрируем разделение цепей для получения импульса (рис. 7.4, ж). Суть дела состоит в том, что при замыкании остающегося (т. е. замкнутого длительное время) контакта $SA1$ зарядный ток конденсатора $C1$, проходящий по цепи I , через катушку реле $K1$ включает его. Но когда конденсатор зарядится (время, необходимое для заряда, определяется емкостью конденсатора и сопротивлением цепи), ток прекратится и реле возвратится в исходное положение (отпустит). Контакт $K1$ по цепи включает повторитель $K2$, контакты которого могут быть использованы, например, для запуска какого-либо устройства. Работу схемы иллюстрирует диаграмма.

Важными особенностями схемы являются:

а) необходимость применения конденсатора большой емкости — десятки микрофарад;

б) необходимость присоединения параллельно емкости разрядного резистора.



Упражнение 7.4

Обратившись к рис. 7.4, ж, ответить на вопросы. Что происходит за время t_1 , отмеченное на диаграмме? 2. Какова роль конденсатора $C1$: соединяет он или разделяет контакт $SA1$ и катуш-

ку $K1$? 3. Как изменятся условия действия, если исключить "лишний" резистор $R1$? 4. Каким должно быть сопротивление резистора: большим или малым?



Ответы

1. За время t_1 реле $K1$ срабатывает.
2. Разряженный конденсатор соединяет $SA1$ и катушку $K1$, а заряженный их разделяет, т. е. действует как разомкнутый контакт.
3. Без разрядного резистора схема сработает только 1 раз, а потом откажет. Это объясняется тем, что заряженный конденсатор постоянный ток не проводит. Следовательно, перед очередным замыканием контакта $SA1$ конденсатор необходимо разрядить, для чего и служит резистор; через него конденсатор разрядится как только контакт $SA1$ будет разомкнут (см. контур $C1 - R1$ под диаграммой. Направление тока разряда показано красной стрелкой).
4. Сопротивление резистора должно быть настолько велико, чтобы проходящий через него ток (в обход конденсатора) не мог удержать якорь $K1$ притянутым.

Одной из важнейших задач электрического разделения цепей является изоляция измерительных приборов от цепей высокого напряжения. Она осуществляется с помощью измерительных трансформаторов.



Пример 7.7

На рис. 7.4, з показано, что через трансформатор тока $TT1$ присоединен амперметр $PA1$, а через трансформаторы напряжения $TV1$ и $TV2$ — вольтметры $PV1$ и $PV2$. К этой схеме мы еще возвратимся при выполнении упражнения 7.5.

Правила устройства электроустановок категорически запрещают устанавливать в ванных комнатах штепсельные розетки, присоединенные непосредственно к электрической сети. Это запрещение

объясняется повышенной опасностью поражения электрическим током из-за близости водопроводных труб, металлической ванны, токопроводящего пола, сырости. Путь поражения электрическим током во время бритья, если изоляция электробритвы повреждена, иллюстрирует рис. 7.5,б.

Однако общеизвестно, что в ванных комнатах гостиниц и новых домов устанавливают розетки специально для питания электробритв. Но это не нарушает ПУЭ благодаря тому, что розетки присоединены к сети не непосредственно, а через разделяющий трансформатор $T1$, как показано на рис. 7.5,а.

3. К этим точкам должно быть присоединено заземление (зануление) с целью защиты персонала в случае нарушения изоляции между первичными и вторичными обмотками измерительных трансформаторов.

4. Разделяющий трансформатор изолирует от сети бритву или другой прибор, присоединенный к его вторичной обмотке, в чем легко убедиться, обратившись к рис. 7.5,в.

5. Прикоснуться к выводам вторичной обмотки разделяющего трансформатора невозможно благодаря тому, что гнезда розетки утоплены. Следовательно, штифты вилки могут к ним прикоснуться только тогда, когда они достаточно глубоко вставлены и потому уже недоступны.

6. Вторичную обмотку разделяющего трансформатора, а также присоединяемые к нему приборы нельзя ни заземлять, ни занулять. Каждый электроприемник должен иметь свой разделяющий трансформатор.

Упражнение 7.5

Ответить на вопросы. 1. Что обозначают на рис. 7.4,з надписи 50/5 и 10 000/100? 2. Какую роль, кроме изоляции измерительных цепей от высокого напряжения, играют в технике измерительные трансформаторы? 3. Что и зачем должно быть присоединено в местах, выделенных на рис. 7.4,з красными кружками, около которых стоят вопросительные знаки? 4. В чем смысл разделяющих трансформаторов? 5. Какие меры исключают прикосновение к обоим выводам вторичной обмотки разделяющего трансформатора? 6. В чем состоят принципиальные особенности монтажа разделяющих трансформаторов?

Ответы

1. Эти надписи — коэффициенты трансформации трансформатора тока 50/5 и трансформаторов напряжения 10 000/100.

2. Вторичные токи любых трансформаторов тока, так же как и вторичные напряжения любых трансформаторов напряжения, соответственно одинаковы (5 или 1 А, 100 или 100: $\sqrt{3} = 58$ В). Это дает возможность унифицировать устройства приборов; приборы различаются только шкалами в зависимости от значений первичных напряжений (токов).

Пример 7.8

Рассмотрим (рис. 7.6) отключение выключателя $Q1$ (цепь 1): а) при местном управлении по цепи 5 кнопочным выключателем $SБ1$; б) при телеуправлении по цепи 6 при срабатывании реле $K1$; в) при действии токовой защиты. В этом случае срабатывает токовое реле $KА1$, присоединенное ко вторичной обмотке трансформатора тока $ТА1$ (цепь 2), включает реле времени $KT1$ (цепь 3), которое, в свою очередь, включает отключающий электромагнит $YA1$ привода выключателя.

В данном случае необходимо разделить цепи местного управления и телеуправления. Эти цепи разделяют с помощью выключателей $SA1$ и $SA2$ благодаря тому, что в режиме местного управления $SA1$ включен, а $SA2$ отключен; в режиме телеуправления $SA2$ включен, а $SA1$ отключен.

Упражнение 7.6

1. Построить диаграмму взаимодействия и с ее помощью доказать, что длительное замыкание

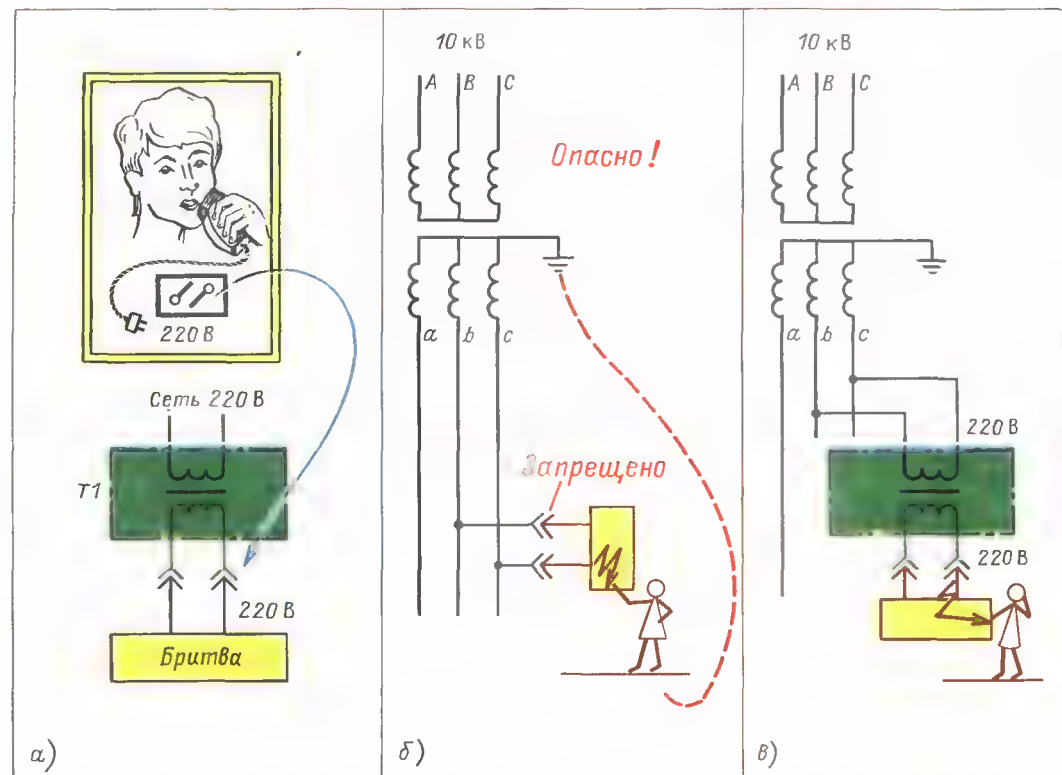


Рис. 7.5. Разделяющие трансформаторы.
К упражнению 7.5

цепи 4, 5 или 6 (например, из-за неисправности) не приведет к повреждению отключающего электромагнита $YA1$. 2. Доказать, что вспомогательный контакт $Q1$ защищает контакты $KT1$, $SB1$ и $K1$, и объяснить, почему такая защита безусловно необходима. 3. При каком режиме управления действует токовая защита? Верно ли это? 4. На рис. 7.6,а в цепи 5 и 6 введены разные выключатели: $SA1$ и $SA2$, а на рис. 7.6,б – один переключатель $SA3$. Что лучше?

▶ Ответы

1. Диаграмма на рис. 7.6,в содержит четыре строки и иллюстрирует последовательность явлений, происходящих при коротком замыкании в линии.

В исходном положении (т.е. левее точки 1 на диаграмме) выключатель $Q1$ включен,

его вспомогательный контакт в цепи 5 замкнут, а реле $KA1$, $KT1$ и электромагнит $YA1$ отключены. При возникновении короткого замыкания (точка 1) срабатывает токовое реле $KA1$ (точка 2) и включает реле времени $KT1$. Оно срабатывает (точка 3) и по цепи 4 включает электромагнит $YA1$. Его сердечник, втягиваясь (точка 4), выбивает защелку привода: выключатель отключается (точка 5). В результате $KA1$ возвращается в исходное положение (точка 6), вспомогательный контакт $Q1$ привода размыкается и отключает электромагнит: его сердечник возвращается в исходное положение (точка 7). Реле $KA1$ отключает $KT1$: оно возвращается в исходное положение (точка 8).

Электромагнит $YA1$ повредиться не может благодаря тому, что контакт $Q1$ его отключает независимо от того, сколько времени замкнуты контакты в цепях 4, 5 или 6.

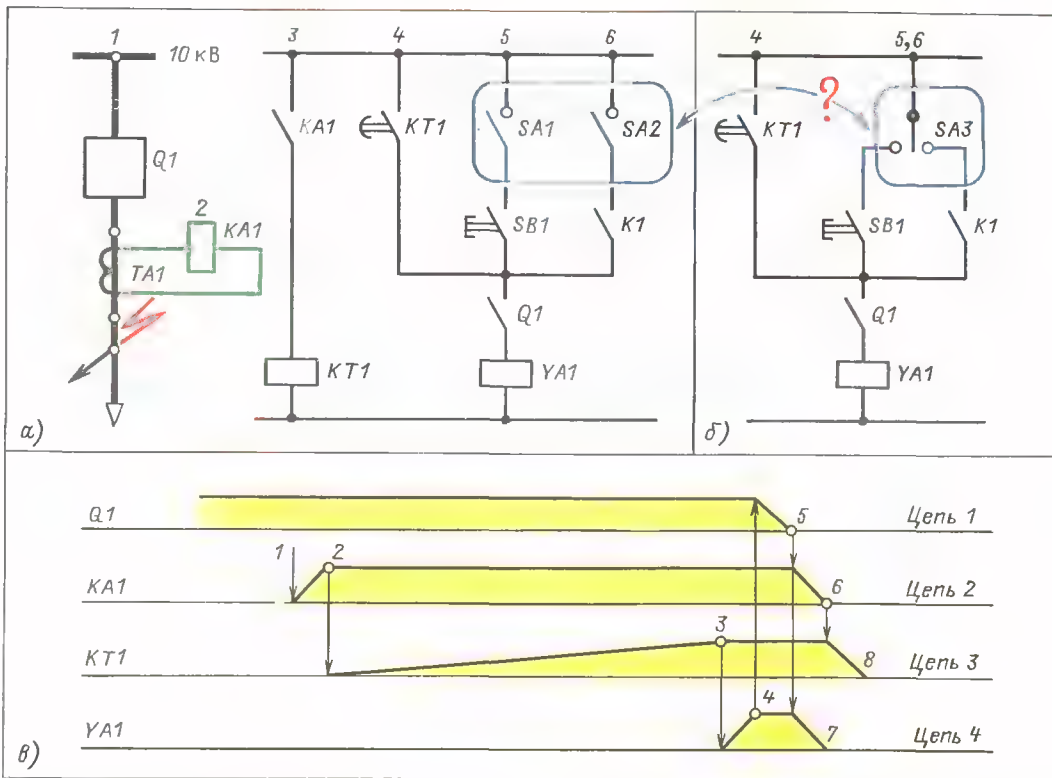


Рис. 7.6. Разделение цепей по условиям оперативной работы. К примеру 7.8 и упражнению 7.6

2. На диаграмме ясно видно, что точка 5 (момент размыкания контакта $Q1$) расположена левее точки 8 (момент размыкания контакта $KT1$). Это значит, что контакт $KT1$ размыкается только тогда, когда он уже отсоединен контактом $Q1$ от электромагнита, т. е. размыкается без тока. Этот очень распространенный способ защиты контактов от подгорания состоит в том, что при последовательном соединении контактов цепь размыкает "более мощный" контакт.

3. Токовая защита действует при любом виде управления, это верно.

4. Лучший переключатель: он может одновременно занимать только одну позицию: либо налево (по схеме) – тогда действует местное управление, либо направо действует телеуправление.

7.2. Введение в схемы элемента времени

Общие положения. Любой процесс в системах электроснабжения, электропривода,

автоматики, телемеханики и вообще любых устройств, даже самых быстродействующих, совершается во времени. В одних случаях время относительно велико (часы, минуты), в других – мало (милли- и даже микросекунды), но оно *всегда имеет значение* и нередко решающее. Причем во многих случаях важно не только абсолютное значение продолжительности того или иного процесса (срабатывание, возврат, переключение, заряд и разряд конденсатора, намагничивание и размагничивание и т. д.), но и взаимное согласование времен совместно действующих: а) аппаратов, машин, приборов в пределах устройства; б) устройств между собою.

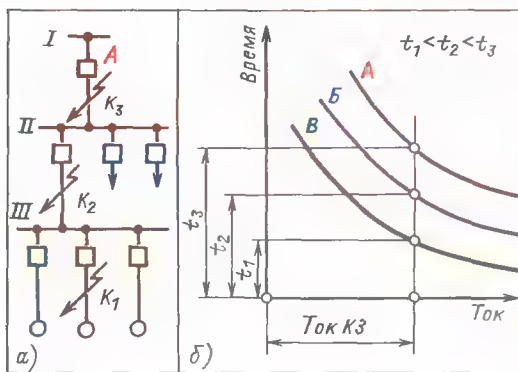


Рис. 7.7. Согласование времен срабатывания совместно работающих реле защиты от токов КЗ обеспечивает избирательность действия защиты. К примеру 7.10

Этот контакт QI должен размыкаться с замедлением, так как если он разомкнется "слишком быстро", не успеет закрыться защелка, удерживающая выключатель во включенном положении. В данном случае необходимое замедление обеспечивается конструкцией контакта.



Пример 7.10

Избирательность токовой защиты, т. е. отключение тех выключателей (перегорание предохранителей), которые расположены ближе всего к месту КЗ, достигается благодаря тому, что защитные реле (предохранители) имеют различные и притом согласованные времена срабатывания (перегорания). Убедимся в этом, обратившись к рис. 7.7.

На рис. 7.7,а приведена упрощенная схема трех подстанций I–III и указаны места КЗ (K_1 , K_3), происходящих одновременно. На рис. 7.7,б изображены защитные характеристики реле А, Б, В, отключающих при КЗ соответствующие выключатели.

При КЗ в точке K_1 начинают работать все защитные реле, но сработает только реле В, так как время его срабатывания t_1 меньше времен t_2 и t_3 . После его отключения место КЗ будет отсоединено и защитные реле выключателей Б и А возвратятся в исходное положение. При КЗ в точке K_2 отключится только выключатель Б, так как $t_2 < t_3$.



Пример 7.11

Чтобы защитить контакты от повреждений вследствие размыкания слишком больших для них токов, нередко последовательно соединяют два контакта различных аппаратов, размыкающиеся н



Пример 7.9

На рис. 7.1 в цепи 7-8 показан вспомогательный контакт привода выключателя.

одновременно: более мощный контакт размыкается раньше (или, что то же, менее мощный контакт размыкается позже).

Пример 7.12

При программном управлении несколькими технологически связанными механизмами импульсы для их включения должны подаваться не одновременно, а с интервалами, что осуществляется, например, с помощью многоконтактных программных аппаратов. Пример рассмотрен в упражнении 5.8. Требование неодновременности может быть вызвано как технологическими, так и энергетическими причинами. Нельзя, например, включать механизм, имеющий масляное охлаждение подшипников, раньше, чем включен масляный насос. Но есть и такие случаи, когда одновременное включение нескольких механизмов технологически допустимо и даже желательно (для убыстрения пуска технологической линии), однако ограниченная мощность подстанции, падение напряжения в питающих кабелях при совпадении нескольких пусков и т. п. вынуждают между пусками выдерживать интервалы.

Пример 7.13

В схемах АПВ линий постоянного тока, питающих контактную сеть электрической тяги, необходима выдержка времени между отключением и повторным включением, чтобы успела произойти деионизация пространства близ контактов и чтобы они не сильно остыли.

По таким же сложным физическим причинам требует некоторой выдержки времени максимальная токовая защита транс-

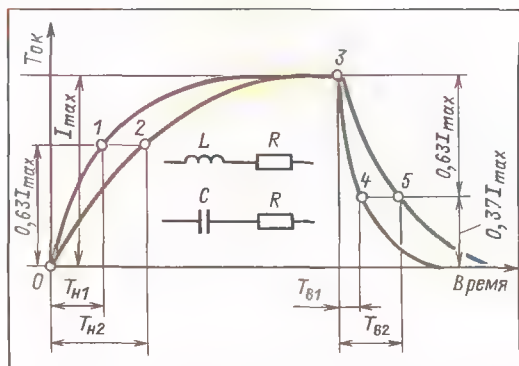


Рис. 7.8. Изменение тока в катушке (цепи R-L) при срабатывании реле (заряде конденсатора — цепи R-C) и возврате (разряде конденсатора)

форматора. Дело в том, что в момент включения из-за возможного броска намагничивающего тока защита, если она не имеет выдержки времени, может сработать и ложно отключить исправный трансформатор.

Пример 7.14

В системах электроснабжения имеют место кратковременные снижения напряжения. Чтобы исключить при этом действие автоматики включения резерва, в схему вводят выдержку времени, обеспечивая тем самым действие АВР не при толчках, а лишь тогда, когда напряжение действительно исчезло.

Пример 7.15

В цепь ротора асинхронного двигателя с фазным ротором на время разгона вводят секционированный пусковой резистор. В процессе пуска двигателя его секции постепенно закорачивают, вплоть до полного

исключения (ротатор замыкает накоротко), когда пуск заканчивается. Каждая секция должна быть включена строго определенное время: не больше и не меньше, чем требуется для нормального пуска.

Требуют времени такие процессы, как нагрев до определенной температуры в установках, специально предназначенных для нагревания, например нагрев охлаждающего масла в системе смазки до такой температуры, при которой оно перестает быть недопустимо вязким (но не более, а то оно перестанет быть охладителем).

Необходимо время и для охлаждения. С характерным примером мы уже сталкивались выше, рассматривая режим работы двигателей (см. рис. 6.3).

Длительны процессы заполнения резервуаров до заданного уровня, достижения необходимого давления при работе компрессора, электрического торможения, периодического воздухообмена, т. е. включения вентиляционных устройств с определенной периодичностью и на достаточно длительное время.

Примеры можно приводить без конца, но даже сказанного выше достаточно, чтобы понять, насколько все это серьезно и важно и, как выяснится ниже, просто.

Способы замедления и ускорения срабатывания и возврата

Основные принципиальные положения.

1. Ускорение и замедление — понятия относительные. Например, если первый процесс совершается ранее второго, значит, второй замедлен относительно первого. При этом длительность самих процессов и сдвиг между ними по времени могут быть весьма невелики.

2. Если по условиям действия необходимо, чтобы один из связанных процессов происходил раньше второго, но второй процесс замедлить нельзя — приходится ускорять первый.

3. Времена срабатывания и возврата любого электромеханического устройства определяются как силой, действующей на подвижную часть аппарата (прибора, машины), так и ее массой. В полупроводниковых приборах ничто не движется, поэтому они механически безынерционны.

4. Электрические процессы — нарастание и спадание тока, заряд и разряд конденсатора и т. п. — подчиняются экспоненциальному закону, важнейшей характеристикой которого является постоянная времени.

Постоянная времени. Рассмотрим суть дела, воспользовавшись рис. 7.8. На нем графически изображены процессы срабатывания и возврата реле, обладающего индуктивностью L и активным сопротивлением R (или же заряда и разряда конденсатора C , соединенного последовательно с сопротивлением R).

Реле включено в точке 0 , после чего ток через некоторое время достигает установившегося максимального значения $I_{max} = U/R$. Затем реле отключается (точка 3): ток начинает уменьшаться. Эти процессы подчиняются экспоненциальному закону, графически изображаются кривыми, которые называются экспонентами, а аналитически выражаются формулой

$$i = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right),$$

где i — мгновенное значение тока, соответствующее времени t ; $T = L/R$ — постоянная времени; U — напряжение питания; R — активное сопротивление и L — индуктивность цепи; e — основание натуральных логарифмов.

$$\text{Если положить } t = T, \text{ то } i = \frac{U}{R} (1 - e^{-1}) = \frac{U}{R} (1 - \frac{1}{e}) = \frac{U}{R} (1 - 0,37) = 0,63 \frac{U}{R}.$$

Иными словами, *постоянная времени есть время, в течение которого при включении ток нарастает до 63%, а при отклю-*

чении падает до 37% установившегося значения (так как $100 - 63 = 37$).

На рис. 7.8 приведены кривые для двух реле (красная и зеленая линии). Значения I_{max} у них одинаковы (они включены на одно и то же напряжение и имеют равные активные сопротивления), но различаются индуктивностями, из-за чего постоянные времени срабатывания T_{H1} и T_{H2} и возврата T_{B1} и T_{B2} у них соответственно различны. В этом легко убедиться, обратившись к рис. 7.8. На нем проведена горизонталь $0,63I_{max}$ (считая снизу), пересекающая кривые в точках 1 и 2. Из этих точек опущены перпендикуляры на ось времени и определены таким образом постоянные времени срабатывания T_{H1} и T_{H2} . Сравнивая их, видим, что одно реле (красная линия) срабатывает быстрее другого (зеленая линия), так как $T_{H1} < T_{H2}$.

Аналогично на расстоянии $0,63I_{max}$, считая сверху (или $0,37I_{max}$, считая снизу) проведена горизонтальная, пересекающая кривые в точках 4 и 5, из которых опущены перпендикуляры, определяющие постоянные времени возврата T_{B1} и T_{B2} соответственно.

Ускорение срабатывания. Один из способов ускорения срабатывания состоит в искусственном уменьшении постоянной времени цепи.

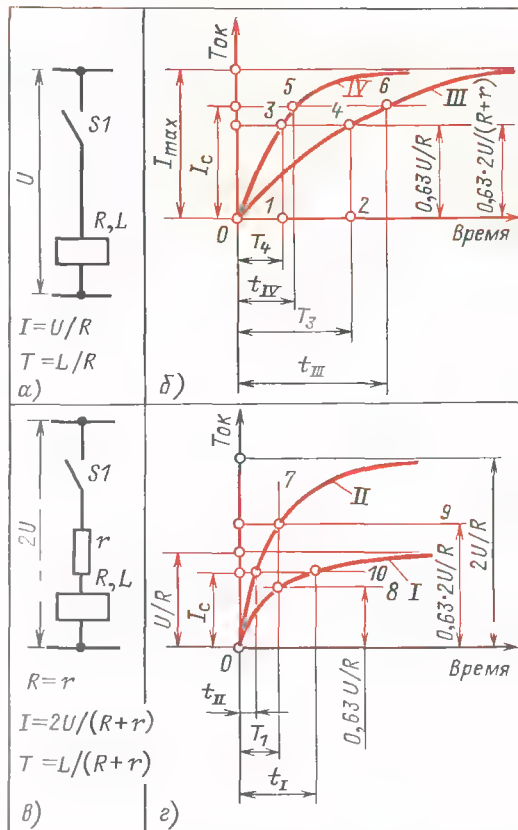


Рис. 7.9. Влияние на время срабатывания постоянной времени и коэффициента возврата. К примерам 7.16 и 7.17

напряжение $2U$ через добавочный резистор r . Значение I_{max} остается тем же, так как $U/R = 2U/(r + R)$, где $r = R$. Не изменяется и ток срабатывания I_c — реле одно и то же. Но постоянная времени уменьшается: $T_4 = L/(R + r) < T_3$, благодаря чему кривая IV идет круче и, следовательно, время срабатывания уменьшается, что и требуется. На рис. 7.9,б отчетливо видно, что $t_{IV} < t_{III}$.

Как же построены кривые на рис. 7.9,б?

1-й шаг. Проведена горизонталь $I_{max} = U/R = 2U/(R + r)$.

Пример 7.16

Если включить реле по схеме рис. 7.9,а, то при замыкании контакта $S1$ ток будет нарастать по кривой III (рис. 7.9,б). Постоянная времени $T_3 = L/R$. Время срабатывания t_{III} соответствует току срабатывания I_c . Однако если это время для какого-либо конкретного случая велико, то его можно уменьшить.

С этой целью это же реле включают по схеме рис. 7.9,б, т. е. на двойное

2-й шаг. Проведена горизонталь $0,63U/R$ или, что то же, $0,63 \cdot 2U/(R + r)$.

3-й шаг. Исходя из того, что $T_4 < T_3$, на горизонтальной оси отложены их значения: точки *1* и *2* соответственно.

4-й шаг. Через точки *1* и *2* проведены вертикальные линии до пересечения с горизонталью $0,63U/R$ и получены точки *3* и *4* соответственно.

5-й шаг. Через начало координат *O* и точки *3* и *4* проведены плавные кривые *IV* и *III*.

6-й шаг. Проведена горизонталь, соответствующая току срабатывания I_c , и из точек ее пересечения *5* и *6* с кривыми *IV* и *III* опущены перпендикуляры, определяющие времена срабатывания t_{IV} и t_{III} .

Реле по схеме 7.9,в может быть включено на двойное напряжение неограниченное время. Но такое включение требует двойного напряжения, что далеко не всегда реально. Поэтому можно поступить иначе: использовать ту же схему (рис. 7.9,в), но взять реле на меньшее номинальное напряжение. Например, если напряжение питания $U = 110$ В, то напряжение реле может быть 60 В и т. п. Следует, однако, иметь в виду, что у другого реле безусловно иные активное сопротивление и индуктивность. Значит, нельзя механически решать этот вопрос, т. е. включить любой добавочный резистор.

Обратите внимание на употребление слов: постоянная времени цепи, а не просто постоянная времени реле. В одних случаях это одно и то же, как в схеме на рис. 7.9, а, в других — нет (рис. 7.9, в). К этому "коварному" вопросу мы возвратимся в примере 7.18.

реле, включающихся кратковременно, иначе катушка перегреется и может даже сгореть. Этот способ основан на увеличении коэффициента запаса, т. е. на включении реле на значительно большее напряжение, чем то, на которое оно рассчитано в продолжительном режиме работы.

На рис. 7.9,г кривая *I* показывает нарастание тока в катушке, включенной на номинальное напряжение, т. е. по схеме рис. 7.9,а. Кривая проходит через точку пересечения вертикали *7* и горизонтали *8*, соответствующей постоянной времени T_1 . Кривая *II* относится к тому же реле, включенному по той же схеме, но на двойное напряжение, т. е. с вдвое большим коэффициентом запаса. Коэффициентом запаса называется отношение номинального тока (напряжения) к току (напряжению) срабатывания.

Кривая *II* проходит через точку пересечения вертикали *7* (так как для обоих случаев постоянная времени одна и та же T_1), но с другой горизонталью *9*. Горизонталь *10* соответствует току срабатывания I_c , который для обоих случаев одинаков, так как речь идет об одном и том же реле. Пересечения горизонтали *10* с кривыми *I* и *II* определяют времена срабатывания соответственно t_I и t_{II} . Очевидно, $t_I > t_{II}$. Это доказывает, что быстрее срабатывает реле, включенное на более высокое напряжение, т. е. с большим коэффициентом запаса.



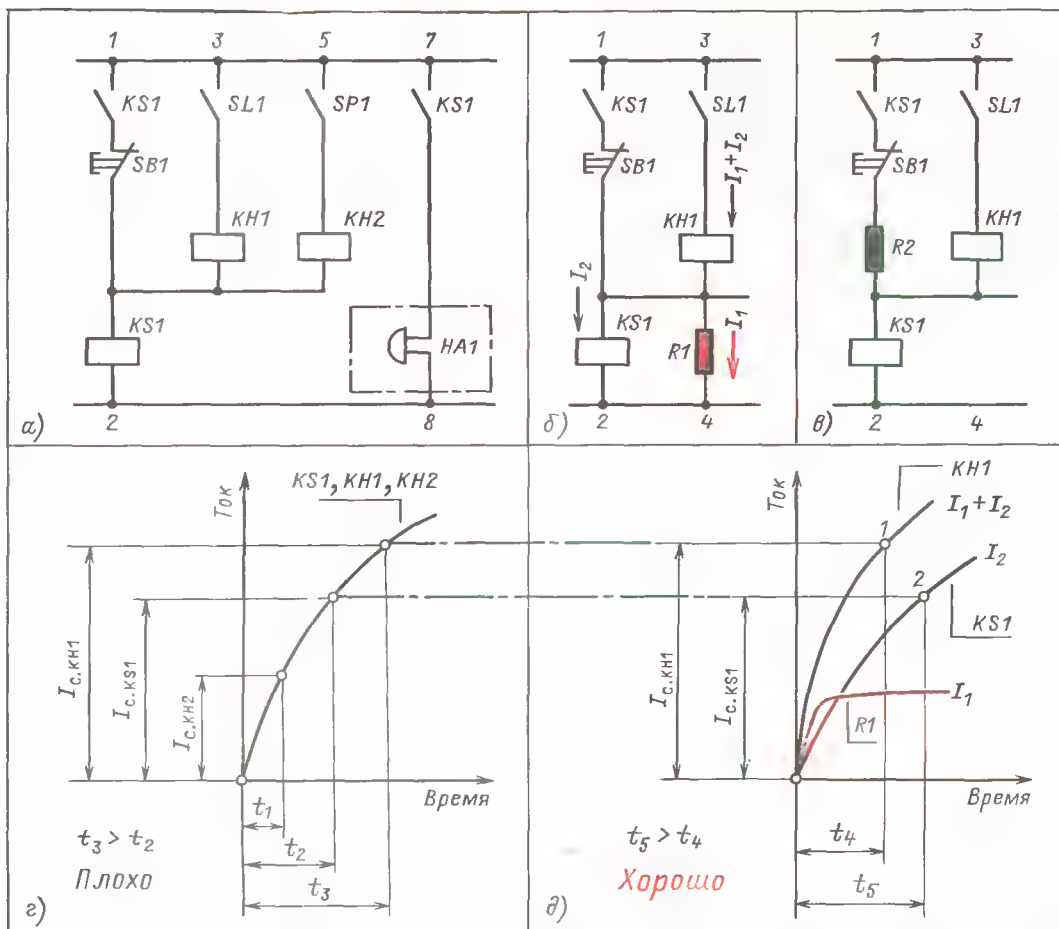
Пример 7.18

На рис. 7.10,а показано сборное реле *KS1*, используемое для блокировки, сигнализации и т. п. В частности, с телеуправляемых объектов через контакт реле *KS1* передается сигнал на диспетчерский пункт о необходимости осмотра оборудования.



Пример 7.17

Иллюстрируем другой способ ускорения срабатывания, но он годится только для



Это одно реле срабатывает от целого ряда причин, например от снижения уровня (в цепи 3-2 замыкается контакт *SL1*), давления (замыкается контакт *SP1*) и т. д., причем некоторые нарушения режимов могут быть весьма кратковременны. Реле *KS1* самоблокируется по цепи 1-2 и остается включенным ("запоминает") до размыкания цепи самоблокировки кнопочным выключателем *SB1*.

Для ориентировки персонала (который прибывает на объект) о причине неисправности (она к этому времени может само-

Рис. 7.10 Применение резисторов для обеспечения срабатывания сигнальных реле. К примеру 7.18 и упражнению 7.7

устраниться) предусмотрены указательные реле *KH1*, *KH2* ... — блинкеры. При прохождении тока через катушку указательного реле освобождается защелка и выпадает флажок, который виден через окошко в чехле указательного реле.

Время срабатывания указательного реле (если его включить самостоятельно на допустимое для него напряжение) значительно

меньше времени срабатывания сборного промежуточного реле KSI . Казалось бы, схема на рис. 7.10,а достаточно хороша, так как быстродействующее указательное реле $KH1$, хотя его катушка закорачивается контактом относительно медленно действующего реле KSI при его срабатывании, должна, благодаря быстродействию, успеть сработать (выпадет флажок). Но такие, на первый взгляд, вполне логичные рассуждения на самом деле ошибочны. И разобраться в их ошибочности, а также принять надлежащие меры, чтобы обеспечить правильную работу схемы, поможет понимание смысла постоянной времени.

Дело в том, что указательное реле, включаемое "само по себе" (а не как часть какой-либо цепи), действительно срабатывает очень быстро — постоянной времени мала. Но когда его включают последовательно с другой катушкой, в нашем примере с катушкой реле KSI , действует уже не постоянная времени указательного реле, а постоянная времени цепи. Докажем это, обратившись к рис. 7.10,г. Из него ясно видно, что в катушках указательных реле $KH1$ и $KH2$ и реле KSI протекает один и тот же ток, но токи их срабатывания могут быть различны. А времена и токи срабатывания в данном случае связаны зависимостью: большему току соответствует большее время срабатывания. Следовательно, реле $KH2$ успеет сработать ($t_1 < t_2$), а реле $KH1$ не успеет ($t_3 > t_2$).

Срабатывание реле $KH1$ может быть достигнуто двояко: либо включением резистора $R1$ (рис. 7.10,б), благодаря чему, как явствует из рис. 7.10,д, ток $I_{сKH1}$ будет достигнут раньше, чем $I_{сKSI}$ ($t_4 < t_5$); либо включением в цепь самоблокировки реле KSI резистора $R2$ (рис. 7.10,в). В этой схеме реле $KH1$ срабатывает после реле KSI при условии, что приложенное к катушке $KH1$ напряжение, равное падению напряжения на ре-

зисторе $R2$, окажется для этого достаточным.

Естественно, что резисторы $R1$ и $R2$ должны обладать необходимыми параметрами: сопротивлениями и номинальной мощностью. Докажем правильность приведенных выводов, выполнив упражнение 7.7



Упражнение 7.7

Ответить на вопросы. 1. Что изображено на рис. 7.10,д и какие следуют из него выводы. 2. Определить сопротивление $R1$ резистора $R1$ (рис. 7.10,б), если заданы: а) сопротивление катушки KSI 10000 Ом и ток срабатывания 0,007 А; б) сопротивление катушки $KH1$ 950 Ом и ток срабатывания 0,015 А. 3. Определить сопротивление $R2$ резистора $R2$ (рис. 7.10,в), если задано, что реле KSI срабатывает при токе 0,01 А и сопротивление его катушки 5000 Ом. Данные катушки $KH1$ те же. В обоих случаях запасы учтены (т. е. схемы надежно работают при допустимых ПУЭ отклонениях от номинального напряжения). Напряжение питания 110 В.



Ответы

1. Рисунок 7.10,д относится к схеме рис. 7.10,б, на нем показаны изменения токов в резисторе (I_1), катушке KSI (I_2) и суммарного тока ($I_1 + I_2$) в катушке $KH1$. Сумма токов $I_1 + I_2$ всегда больше одного из них. Следовательно, кривая $I_1 + I_2$ проходит выше кривой I_2 . Переноса с рис. 7.10,г значения токов срабатывания (зеленые штрихпунктирные линии) до пересечения кривыми в точках 1 и 2 соответственно и опуская из них перпендикуляры, определяем, что реле $KH1$ срабатывает раньше, чем KSI , так как $t_4 < t_5$.

У внимательного читателя, естественно, может возникнуть вопрос: не противоречит ли этот вывод сделанному выше при рассмотрении рис. 7.10,г, в пояснениях к которому сказано, что большим токам соответствуют большие времена срабатывания. А на рис. 7.10,д получилось наоборот: ток больше, а время меньше. Но противоречия нет. Дело в том, что кривая на рис. 7.10,г относится к схеме без резистора, т. е. к случаю,

когда цепь катушек KSI и KHI общая, а кривые на рис. 7.10, б — к схеме с резистором; в этом случае токи в катушках KSI и KHI разные.

Можно рассуждать и иначе, а именно: когда в цепь катушки KHI ввели резистор, постоянная времени уменьшилась, благодаря чему кривая пошла круче.

2. Без резистора ток $110:10950 = 0,009 < 0,015$ А, следовательно, KHI сработать не может. Чтобы получить ток, достаточный для срабатывания реле, надо соблюсти равенство

$$0,015 = \frac{110}{950 + \frac{10000R_1}{10000 + R_1}}$$

откуда $R_1 = 17600$ Ом*.

Далее надо проверить, не мешает ли шунтирующее действие сопротивления R_1 срабатыванию реле KSI . Для этого вычисляют ток, проходящий через его катушку, когда параллельно ей присоединен резистор:

$$\frac{0,015 \cdot 17600}{10000 + 17600} = 0,0095 \text{ А,}$$

и сравнивают его с током срабатывания (0,007). Если фактический ток больше, значит, сопротивление выбрано правильно.

3. После срабатывания KSI падение напряжения на катушке KHI должно быть не менее

$$0,015 \frac{950R_2}{950 + R_2} = 14,25 \text{ В.}$$

Но падения напряжения на участках цепи пропорциональны их сопротивлениям, следовательно,

$$14,25 : (110 - 14,25) = \frac{950R_2}{950 + R_2} : 5000,$$

откуда $R_2 = 3200$ Ом.

Заметим, что такая схема возможна лишь при условии, что $\frac{U}{R_{KHI} + R_{KSI}} > I_{сKHИ}$. В нашем случае это требование удовлетворяется $\left(\frac{110}{950 + 5000} = 0,017 > 0,015\right)$.

* Чтобы не спутать позиционные обозначения резисторов $R1$ и $R2$ со значениями их сопротивлений, последние в вычислениях обозначены R_1 и R_2 соответственно.

Из рассмотрения результатов, полученных в упражнении 7.7, нужно сделать важные выводы:

1. Элементы схем (резисторы, конденсаторы, диоды), назначение которых не очевидно (в отличие от катушек и контактов), играют важную роль. Поэтому *они в коем случае нельзя считать лишними* и за их счет "упрощать" схему. Особенно важны резисторы и конденсаторы в бесконтактных схемах, построенных на базе полупроводниковой техники и электронных ламп. Именно эти элементы определяют режим схемы, например обеспечивают необходимые потенциальные зависимости.

2. Выбрать необходимые параметры резисторов не только довольно сложно, но и не всегда возможно.

3. В ряде случаев вместо ускорения одного из совместно действующих процессов можно замедлить другой. В нашем случае, например, проще придать реле KSI небольшое замедление при срабатывании, т. е. применить реле другого типа, и задача будет успешно решена.

Замедление срабатывания может быть достигнуто разными способами, каждый из которых обладает определенными свойствами и имеет преимущественную область применения.

1. В релейной защите для обеспечения избирательности (см. пример 7.10) применяют реле с часовым механизмом. Они обеспечивают высокую стабильность уставки, быстро возвращаются в исходное положение при отключении катушки, но допускают нечастые включения (единицы в сутки) и имеют небольшую термостойкость (см. § 6.3), из-за чего катушку нельзя долго оставлять под током. В автоматике такие реле применяют редко, например в схемах АПВ. Типичный случай приведен в примере 9.17 — схема АПВ контактной сети.

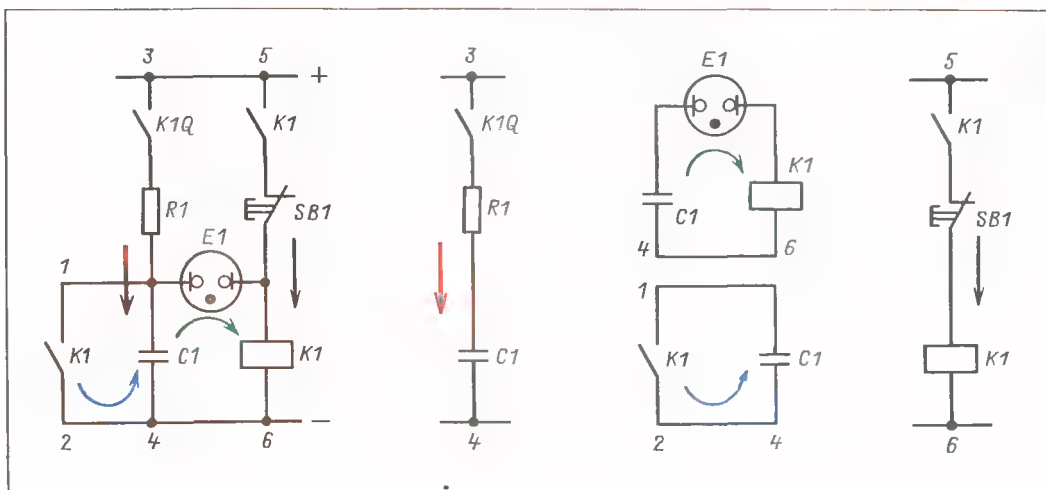


Рис. 7.11. Использование для замедления срабатывания процесса заряда конденсатора. К примеру 7.19 и упражнению 7.8

2. Маятниковые реле имеют мгновенный возврат, выдержка времени менее стабильна, чем у защитных реле времени, габариты больше, зато частота включений и их количество практически неограниченны.

3. Действие пневматических реле основано на медленном истечении воздуха из камеры определенного объема через калиброванное отверстие. Реле просты, неприхотливы, срок службы практически неограничен, точность невысока, но в ряде простых применений ее достаточно. Однако пневматические реле можно устанавливать только в чистых помещениях, чтобы не засорялось калиброванное отверстие.

4. Распространены специальные электромеханические устройства — многоконтактные реле времени, командные приборы (см. упражнение 5.8), шаговые искатели (пример применения в автоматике приведен на рис. 9.17) и т. п.

5. Используются тепловые реле времени. В них замедление достигается за счет времени, необходимого на нагрев и остывание биметаллической пластины. Устройство такого реле и его особенности рассмотрены в упражнении 7.9.

6. Замедление срабатывания может быть получено за счет использования процесса заряда конденсатора, включенного последовательно с резистором. Свойства и особенности этого способа замедления подробно рассмотрены в примере 7.19 и упражнении 7.8. В настоящее время именно этот способ получил наибольшее распространение в электронных реле времени и многочисленных устройствах на базе бесконтактных элементов для создания элементов задержки.

Рассмотрим несколько характерных примеров замедления при срабатывании.



Пример 7.19

На рис. 7.11 показано использование явления аperiodического (без колебаний) процесса заряда конденсатора $C1$. При за-

мыкании контакта реле $K1Q$ в цепи 3-4 зарядный ток конденсатора $C1$ нарастает до потенциала зажигания неоновой лампы $E1$. На это требуется тем больше времени, чем больше сопротивление резистора $R1$, емкость конденсатора $C1$ и чем выше потенциал зажигания лампы. После ее зажигания конденсатор разряжается на катушку реле $K1$, и, если накопленной в конденсаторе энергии достаточно, реле срабатывает и самоблокируется по цепи 5-6, а лампа $E1$ гаснет.

Полный разряд конденсатора обеспечивается закорачиванием его контактом сработавшего реле $K1$. Для правильной работы схемы нужно обеспечивать высокую изоляцию всех ее элементов, так как сопротивление резистора $R1$ (сотни тысяч ом) соизмеримо с сопротивлением изоляции.

При напряжениях ниже 110 В схема работает плохо, так как четкость срабатывания реле в конечном счете зависит от энергии, накопленной конденсатором, а ее количество пропорционально квадрату напряжения.

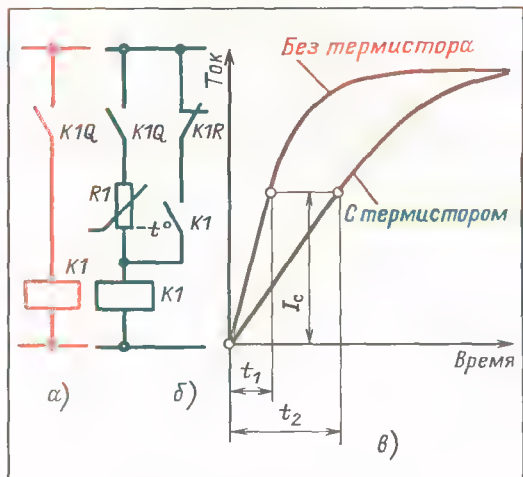


Рис. 7.12. Замедление срабатывания с помощью термисторов. К примеру 7.20



Ответы



Упражнение 7.8

1. Разделить схему на рис. 7.11 на простые цепи. Что обозначают на нем разноцветные стрелки? Ответить на вопросы. 2. Зачем в схему введен кнопочный выключатель SBI ? 3. Что произойдет, если контакт $K1Q$ заменить перемычкой, а контакт $K1$ в цепи 5-6 отсоединить? 4. Чему должно быть равно сопротивление $R1$ резистора $R1$, если емкость конденсатора $C1$ 30 мкФ, а реле должно сработать через 35 с после замыкания контакта $K1Q$? 5. Что изменится в работе схемы, если контакт $K1Q$ будет замкнут, например, 20 с? 6. Пусть энергия для срабатывания реле $W1 = 0,05$ Дж. Чему равно минимальное значение $C1$ емкости конденсатора $C1$, чтобы реле сработало? Принять потенциал зажигания лампы равным 70 В.

1. Ответ дан на рис. 7.11 справа. Стрелки указывают направления токов: при заряде конденсатора (красная), разряде на катушку реле (зеленая), при разряде после срабатывания реле (синяя), при самоблокировке (черная).

2. Для деблокировки, т. е. для возвращения схемы в исходное положение.

3. Реле будет пульсировать.

4. Вопрос решается исходя из того, что неоновая лампа зажигается примерно при 60–70% напряжения питания и именно до этого значения происходит заряд конденсатора через искомое сопротивление. С другой стороны, постоянная времени заряда $T = 10^{-6} C1 R1$ (см. пояснения к рис. 7.8) есть время, в течение которого конденсатор заряжается до 63% напряжения питания, т. е. практически до напряжения зажигания лампы. Следовательно, в нашем примере $t = T = 35$ с. Значит, в нашем случае $35 = 10^{-6} \times 30 R1$, откуда $R1 = 1,17$ Мом.

5. Реле не работает. Но конденсатор за 20 с успеет несколько зарядиться и при хорошей изоляции (а это необходимое условие применения схемы) сохранит заряд. Следовательно, при следующем замыкании контакта $K1Q$ время

срабатывания реле будет не 35 с (как в нашем примере), а меньше.

6. Энергия, накопленная конденсатором, $W_2 = \frac{C_1 U^2}{2} 10^{-6}$ Дж должна быть равна или больше $W_1 = 0,05$ Дж. Следовательно, $0,05 \leq \frac{C_1 \cdot 70^2}{2 \cdot 10^6}$ откуда $C_1 \geq \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 10^6}{70^2} \approx 20$ мкФ.

В рассмотренном примере заряд конденсатора прекращается, когда напряжение на нем достигает значения, при котором зажглась неоновая лампа. Таким образом, лампа выполняет роль своеобразной "отсечки". Однако это не единственный прием прекращения заряда конденсатора, т. е. в конечном итоге ограничения выдержки времени. Распространено, например, сравнение напряжения заряжающегося конденсатора с так называемым опорным, наперед заданным стабилизированным напряжением. Когда напряжение на заряжающемся конденсаторе достигает значения опорного напряжения, заряд прекращается. Кстати сказать, изменениями значений опорных напряжений (например, с помощью потенциометра) задается необходимая уставка времени.



Пример 7.20

Значительное замедление может быть получено в схеме рис. 7.12,б, где $R1$ — термистор, т. е. полупроводниковое сопротивление с большим отрицательным температурным коэффициентом. При замыкании цепи контактом реле пуска $K1Q$ ток в цепи катушки недостаточен для срабатывания реле $K1$, так как он ограничен сопротивлением холодного термистора. Но по мере нагревания термистора ток увеличивается в несколько раз. После срабатывания реле самоблокируется и остается включенным

необходимое время, а затем деблокируется контактом реле возврата $K1R$.

Характер нарастания тока в цепи реле, включенного без термистора (рис. 7.12,а), показан на рис. 7.12,в — красная кривая; через термистор — на рис. 7.12,б — зеленая кривая. Ток срабатывания I_c в обоих случаях одинаков, но времена срабатывания различны: $t_2 > t_1$.

Обратим внимание на контакт реле $K1$, закорачивающий термистор после срабатывания реле. Это отнюдь не лишний контакт; если он отсутствует, термистор сторит, так как из-за его отрицательного температурного коэффициента ток, проходящий через него, если термистор вовремя не закоротить, будет безгранично возрастать.

Электромагнитное замедление. Особенно распространены реле с короткозамкнутой обмоткой (втулкой, гильзой) — телефонные, кодовые, реле управления. Эти реле наиболее просты, дают в ряде случаев достаточные замедления и сравнительно дешевы. Устройство реле в трех вариантах поясняют эскизы на рис. 7.13,а. Слева гильза 4 расположена вблизи якоря 1, в центре — вдали от якоря, справа гильзы нет.

Принцип получения замедлений поясняет рис. 7.13,б. На нем зеленая кривая — изменения тока в катушке $\mathcal{Z}$, красная кривая — изменения вихревых токов в гильзе, возникающих в ней только при изменении тока в катушке, т. е. при включении (ток в катушке нарастает) и при отключении (ток в катушке спадает). На якорь воздействует суммарный магнитный поток, создаваемый как током в катушке, так и вихревыми токами в гильзе. Следовательно, чтобы оценить работу реле, обе кривые надо сложить. В результате получается, что при срабатывании нарастание магнитного потока замедляется, т. е. возникает прямое замедление. При возврате поток, созда-

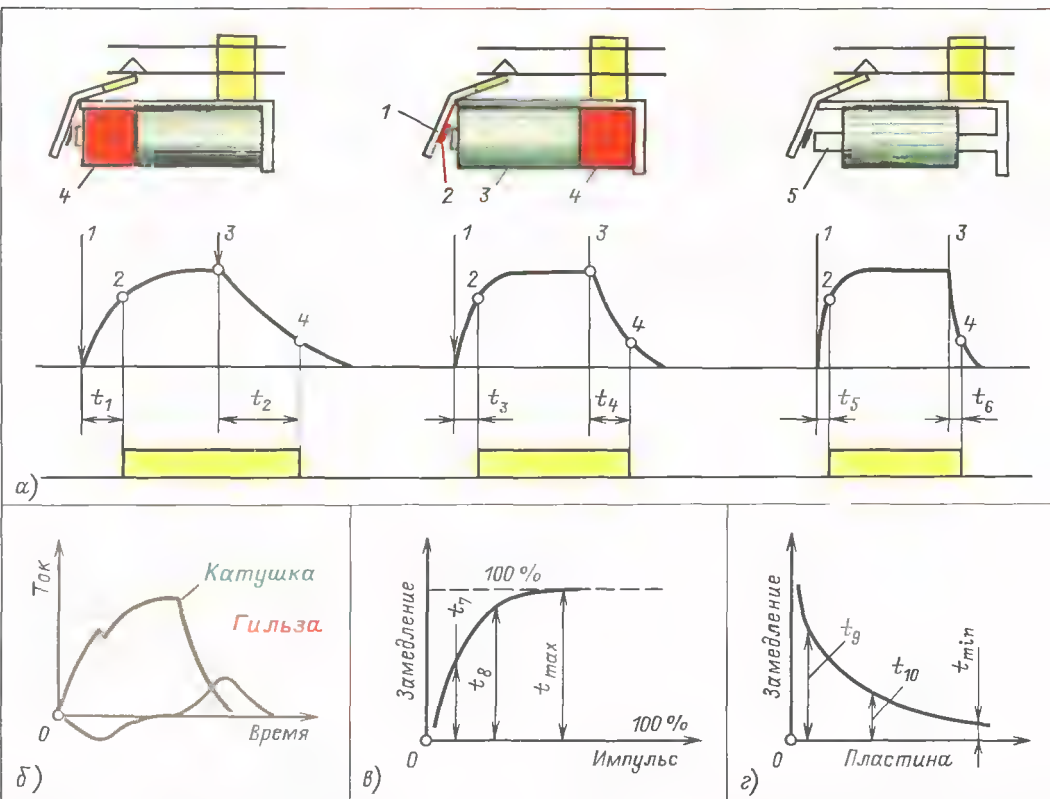


Рис. 7.13. Электромагнитное замедление и его особенности

ваемый гильзой, некоторое время (после спадания потока, созданного катушкой) удерживает якорь притянутым. Таким образом, создается о б р а т н о е замедление.

Возвратимся к рис. 7.13,а. На нем под каждым эскизом помещена кривая, учитывающая действие токов в катушке и гильзе. Цифрами отмечены: 1 — включение, 2 — срабатывание (переключение контактов), 3 — отключение, 4 — возврат (переключение контактов). Сравнивая времена, в течение которых контакт замкнут (желтые площадки), видим, что $t_5 < t_3 < t_1$ и $t_6 < t_4 < t_2$.

Реле с электромагнитным замедлением имеют особенности, которые необходимо учитывать. Состоят они в следующем.

1. Реле с замедлением при срабатывании (иначе, "с прямым замедлением") также дают значительное замедление при возврате ("обратное замедление"). Оно даже больше, чем у реле, считающихся замедленными при возврате. Но это обстоятельство обычно не подчеркивают (так как сравнивают замедления при срабатывании у реле с гильзой, расположенной вблизи якоря, с замедлением реле без гильзы или же с гильзой, расположенной вдали от якоря).

2. На величину и характер замедления существенно влияет расположение гильзы 4 на сердечнике. Гильза, расположен-

ная вблизи якоря 1, замедляет срабатывание, так как вытесняет магнитный поток из якоря в процессе нарастания тока в катушке 3. Гильза вдали от якоря замедляет в основном обратное замедление, однако она немного замедляет и срабатывание.

3. На величину замедления сильно влияет механическая нагрузка якоря реле, которая зависит от количества контактных и возвратных пружин. Например, обратное замедление у телефонных реле одного и того же типа при трех контактных пружинах составляет 400 мс; при восемнадцати — 120 мс, т. е. снижается более чем в 3 раза.

4. Чтобы реле возвратилось (отпустило) с определенным замедлением, надо обеспечить его достаточную "зарядку", т. е. достаточно длительно его предварительно возбуждать. Характер зависимости замедления от длительности заряжающего импульса иллюстрирует рис. 7.13, в. Из кривой, приведенной на этом рисунке, явствует, что чем короче импульс, тем меньше замедление ($t_1 < t_8 < t_{max}$). Чтобы получить максимальное замедление, например, для реле одного типа 0,5 с (100%), нужно, чтобы оно было предварительно включено примерно 0,2–0,25 с.

5. Существенно влияет на замедление конечный зазор между торцом сердечника 5 и якорем. Зазор определяется толщиной пластины (или штифта) отлипания, выполненной из немагнитного материала, например из бронзы. Характер влияния толщины пластины 2 на замедление иллюстрирует рис. 7.13, г. Из него следует, что чем пластина толще (зазор меньше), тем меньше замедление $t_{10} < t_9$. Если же толщину пластины уменьшить по сравнению с той минимальной, которая предусмотрена заводом-изготовителем, то в лучшем случае получится недопустимо большой разброс по времени, а в худшем — якорь залипнет, что крайне опасно.

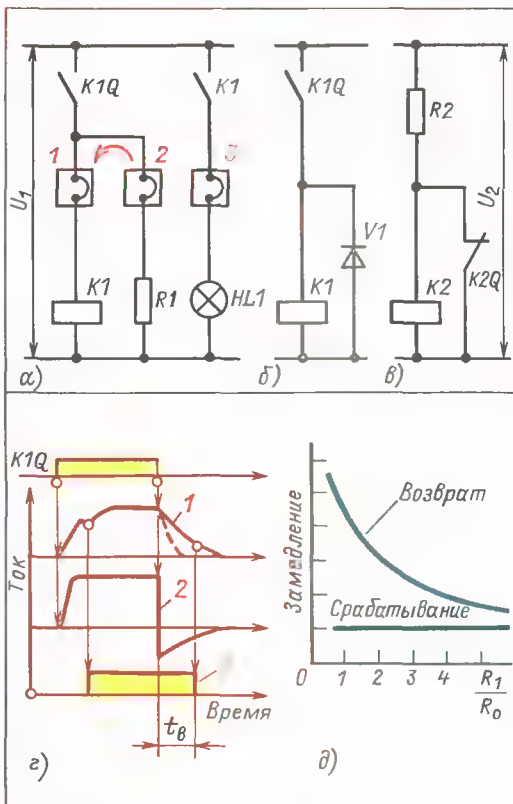


Рис. 7.14. Замедление при возврате благодаря шунтированию катушки. К примеру 7.21

6. Замедление зависит от активного сопротивления гильзы. Поэтому температура окружающей среды играет большую роль. Известны случаи нарушений в работе устройств, отрегулированных летом, с наступлением сильных морозов (реле работали в неотапливаемых помещениях).

Схемные способы получения замедления при возврате иллюстрируем примерами 7.21–7.23.



Пример 7.21

На рис. 7.14, а показана схема, применяющаяся, если нужно получить замедле-

ние только при возврате, не замедляя срабатывания. В схеме применено быстроедействующее (без гильзы) реле KI , включаемое и отключаемое контактом KIQ — аппарата, начинающего и прекращающего действие. Параллельно катушке присоединен резистор RI . На рис. 7.14,а красными цифрами 1–3 показаны места включения осциллографических гальванометров (шлейфов — термин употребительный, но он устарел); этими же цифрами на рис. 7.14,г обозначены кривые, иллюстрирующие результаты осциллографирования.

Чем сопротивление резистора RI меньше, тем замедление больше. В пределе катушка закорачивается контактом $K2Q$, как показано на рис. 7.14,в. При этом необходимо ввести в схему резистор $R2$ для предотвращения короткого замыкания. Закорачиванию катушки соответствует наибольшее замедление.

Характер зависимости замедлений при срабатывании и возврате иллюстрирует рис. 7.14,д. На нем по горизонтальной оси отложены не абсолютные, а относительные значения сопротивлений, т. е. отношение сопротивления R_1 резистора RI к сопротивлению R_0 катушки реле.

В резисторе RI при длительном включении расходуется энергия: он нагревается. Поэтому часто вместо резистора применяют полупроводниковый диод VI (рис. 7.14,б), который включен так, что пропускает ток только при размыкании цепи реле.

Обратимся снова к рис. 7.14,г. На нем показано: а) сколько времени замкнут контакт KIQ (желтая площадка на верхней строке); б) изменение тока в катушке, причем штриховой линией обозначено, как изменялся бы ток при отсутствии резистора RI ; в) ток в резисторе RI . В момент размыкания цепи ток, проходивший через резистор при замкнутом контакте KIQ , прекращается, но возникает ток

обратного направления. Он поступает в катушку (красная стрелка на рис. 7.14,а), проходит в ней в том же направлении и и, следовательно, поддерживает магнитный поток, благодаря чему получается замедление при возврате. Этот ток вызван энергией, накопленной катушкой и освободившейся при размыкании ее цепи. Когда энергия исчерпывается, т. е. переходит в теплоту и рассеивается, ток прекращается; г) сколько времени замкнут контакт реле KI в цепи лампы HLI . На рис. 7.14,г t_B — время возврата (обратное замедление).

Предупреждение. Присоединение параллельно катушкам реле резисторов (диодов) — распространенный прием гашения коммутационных перенапряжений, применяемый для защиты контактов от подгорания (подробнее см. пример 7.31). Но при этом возникает "лишнее" замедление, далеко не всегда допустимое.



Пример 7.22

Еще один прием схемного получения замедления при возврате иллюстрирует рис. 7.15,а. При размыкании контакта KIQ конденсатор CI разряжается на катушку реле, и благодаря энергии, накопленной в конденсаторе при включении, якорь реле в течение некоторого времени удерживается притянутым.

Резистор RI : а) ограничивает зарядный ток в момент включения, предотвращая тем самым повреждение контакта KIQ . Дело в том, что незаряженный конденсатор — это практически короткое замыкание; б) дает возможность не слишком быстро расходовать энергию, накопленную конденсатором, иными словами, дает возможность устанавливать необходимое замедление; в) обеспечивает аperiodическое течение разряда конденсатора, что необходимо при неблагоприятных

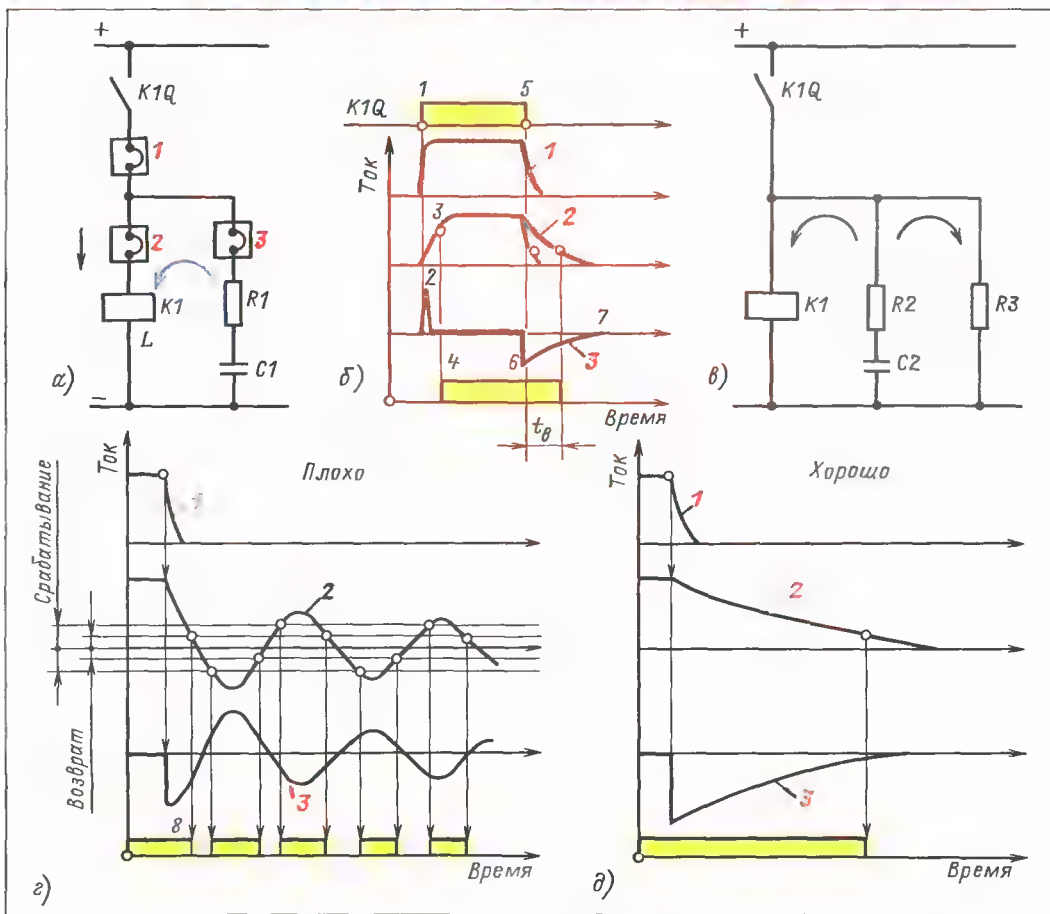


Рис. 7.15. Замедление при возврате с помощью конденсаторов. К примерам 7.22 и 7.23

соотношениях между индуктивностью реле и емкостью конденсатора.

Этот важный и сложный вопрос требует пояснений. С этой целью рассмотрим сначала рис. 7.15,б. На нем красным показаны осциллограммы 1—3. При замыкании контакта (точка 1): а) быстро заряжается конденсатор (точка 2); зарядный ток прекращается, но конденсатор остается заряженным; б) срабатывает реле KI (точка 3): его контакт (на рисунке не показан) замыкается — точка 4.

Контакт KIQ размыкается (точка 5), накопленная в конденсаторе энергия начинает разряжаться (точка б), а это значит, что в контуре конденсатор — катушка (см. на рис. 7.15,а синюю стрелку) возникает ток (см. участок кривой 3 между точками б и 7 и его зеркальное изображение на осциллограмме 2).

Так должны протекать явления, задуманные составителем схемы. И они действительно так протекают, но при условии, что сопротивление цепи R (оно складывается из сопротивления катушки R_0 и сопротивления R_1 резистора RI) значительно больше, чем

колебания. А если они вероятны, то и *х* следует предотвратить включением резистора *R1*, обладающего достаточным большим сопротивлением.



Пример 7.23

В устройствах, требующих *с т а б и л ь н ы х* временных параметров, как, например, во время-импульсных системах телемеханики, применяется замедление по схеме рис. 7.15, в. Замечательно в ней то, что *время полного заряда конденсатора C2 практически равно времени срабатывания реле*, и, следовательно, если реле сработало, то полный запас энергии для замедления безусловно накоплен. Кроме того, на стабильность замедления (начиная с некоторого минимума, определяемого временем срабатывания реле) не влияет длительность импульсов, поступающих на реле, т. е. эта схема стабильна во времени.

Заметим: работа схем с конденсаторами практически не зависит от температуры.

Обратите внимание на "лишний" резистор *R3*. Он необходим для того, чтобы перед каждым следующим замыканием контакта *K1Q* конденсатор *C2* полностью разрядился.

Биметаллическое реле времени. На рис. 7.16, а показан эскиз телефонного реле, на котором установлена так называемая *термогруппа* — простое, дешевое биметаллическое реле времени, с помощью которого можно получить выдержку времени до 3 с. Выдержка времени ограничено стабильна, так как она зависит от температуры окружающей среды, но во многих случаях это не имеет значения.

Термогруппа работает следующим образом. Когда включают нагревательную обмотку (выводы 26–28), навитую на биметаллическую пластину (вывод 27), она

через несколько секунд нагревается и изгибается. При этом контакт с выводами 25–27 размыкается, а затем, через некоторое время, контакт 27–29 замыкается. Иллюстрируем применение термогруппы, выполнив упражнение 7.9.



Упражнение 7.9

В схеме на рис. 7.16, б: *K1Q* — контакт, при замыкании которого схема начинает работать; *KT* — нагревательная обмотка и контакты термогруппы; *K1* — промежуточное реле, на котором в нашем примере установлена термогруппа (см. эскиз на рис. 7.16, а); *R1* — регулируемый, а *R2* — постоянный резисторы. Контакты реле *K1 11-12-13* и *K1 31-32* используются в схемах сигнализации, управления и для других целей.

Требуется прочитать схему, для чего целесообразно построить диаграмму взаимодействия и ответить на вопросы: 1. Как (в каком порядке) построена диаграмма? 2. Для чего служит резистор *R1*? В каком положении его подвижного контакта реле имеет наибольшую и наименьшую выдержку времени на срабатывание реле *K1*? 3. Зависит ли время возврата реле *K1* от положения подвижного контакта *R1*? 4. Для чего служит резистор *R2*? 5. Контакт *KT 29-27* присоединен к "плюсу", а контакт *KT 27-25* — к "минусу". Между ними нет сопротивлений. Что же предотвращает короткое замыкание? 6. Как установить взаимное соответствие между эскизом на рис. 7.16, а, схемой (рис. 7.16, б) и диаграммой (рис. 7.16, в)? Что обозначают красные и черные цифры? 7. Чему должна быть равна продолжительность *t1*? Что произойдет, если это время сократится и станет меньше времени, пропорционального отрезку 1-2? Как будет работать схема, если время *t2* будет больше времени 1-5? 8. Почему из схемы нельзя исключить цепь 3, ограничившись цепью 2?



Ответы

1. При построении диаграммы исходят из требования стандарта изображать схему в том положении, когда на нее еще не подано напряжение и не действуют внешние силы. Следовательно, до подачи на схему питания все ее части находятся

именно в том положении, в котором они изображены. В нашем случае цепи 1–3 разомкнуты, так как в них введены разомкнутые контакты $K1Q$, KT 29-27 и $K1$ 23-24 соответственно. Далее рассматривают схему и происходящие в ней явления фиксируют на диаграмме (рис. 7.16, в):

а) замыкается контакт $K1Q$ в цепи 1 (точка 1) и включает нагревательную обмотку KT . В результате биметаллическая пластина нагревается и начинает изгибаться;

б) в цепи 2 замыкается контакт KT 29-27 (точка 2): срабатывает реле $K1$ (точка 3). Реле $K1$ по цепи 3 самоблокируется через резистор $R2$, поэтому ток в катушке реле уменьшается;

в) контакт $K1$ 21-22 размыкает цепь 1 обмотки KT , поэтому биметаллическая пластина начинает остывать, благодаря чему контакт KT 29-27 размыкается;

г) контакт KT 27-25 замыкается (точка 4, цепь 3), закорачивает катушку $K1$: реле $K1$ возвращается в исходное положение;

д) контакт $K1$ 23-24 размыкается, а контакт $K1$ 21-22 (точка 5) замыкается; схема приходит в исходное положение и готова к повторению действия.

Сноска со стрелками от точек 3 и 5 дают возможность построить диаграммы работы контактов реле $K1$ 11-12, 12-13 и 31-32.

2. Резистор $R1$ регулировочный. С его помощью при настройке реле измеряют силу тока в нагревательной обмотке и, следовательно, продолжительность изгибания биметаллической пластины. В нижнем положении подвижного контакта резистора $R1$ пластина изгибается быстрее, реле $K1$ быстрее срабатывает.

3. Время возврата от изгибания подвижного контакта резистора $R1$ не зависит. В любом случае оно определяется продолжительностью остывания биметаллической пластины от одной и той же температуры (при которой она полностью изогнулась) до температуры окружающей среды.

4. Резистор $R2$ предотвращает короткое замыкание в цепи 3, в то время когда контакт $K1$ 23-24 еще замкнут, а контакт KT 27-25 уже замкнулся. На диаграмме это соответствует точке 4.

5. Контактная группа 25-27-29 переклю- ч а ю щ а я: ее устройство аналогично группе, изображенной на рис. 7.17, в.

6. Как следует из предыдущего (см. рис. 4.6, а), цифры слева (в нашем примере красные) – это номера мест (рядов) контактных групп на реле, если считать с монтажной сто-

роны (сзади) слева направо (см. схематическое расположение групп, показанное на рис. 7.16, з).

Цифры справа (черные) – н о м е р а (“этажи”) п л а с т и н в группах, считая снизу. В итоге сочетания красных и черных цифр образуют условные номера выводов, например 32 – вторая снизу пластина в третьем ряду; 13 – третья снизу пластина в первом ряду. Именно по этим условным номерам выводов устанавливается взаимное соответствие между эскизом, схемой и диаграммой.

7. Продолжительность t_1 должна быть не менее времени 1-3, но не более 1-4. Если t_1 меньше 1-2, то нагрев KT прекратится еще до замыкания контакта KT 29-27, а это значит, что реле $K1$ не сработает. Если t_2 больше 1-5, то действие повторится. Например, при $t_2 = 30$ мин контакт KT 12-13 полчаса будет посылать импульсы (отрезок 3-5), разделенные паузами (отрезок 5-3). Времена 3-5 и 5-3 в общем случае не равны.

8. Контакты тепловых реле переключаются медленно, из-за чего контактное нажатие в них нарастает постепенно. Поэтому они могут работать т о л ь к о н а з а м ы к а н и е, причем после первого же замыкания контакт необходимо разгрузить, иначе он подгорит. Кроме того, реле, управляемое контактом теплового реле, будет дребезжать, что совершенно недопустимо. Такие явления были бы при наличии в схеме только цепи 2. Их предотвращает “цепь разгрузки” 3.

Заметим здесь же, что контакты тепловых реле, предназначенных для частых переключений (например, в холодильниках, регуляторах температуры и т. п.), переключаются мгновенно, например с помощью промежуточного рычага и пружины, которая быстро переключает контакт, несмотря на медленные изменения температуры. В других конструкциях использован постоянный магнит: когда к нему приближается контакт, магнит притягивает биметаллическую пластину, что обеспечивает быстрое замыкание. При остывании биметаллической пластины контакт некоторое время остается замкнутым (за счет силы магнита), а затем быстро размыкается.

Одним словом, прежде чем оценивать эксплуатационные свойства схемы, нужно отдать себе отчет в том, быстро или мед-

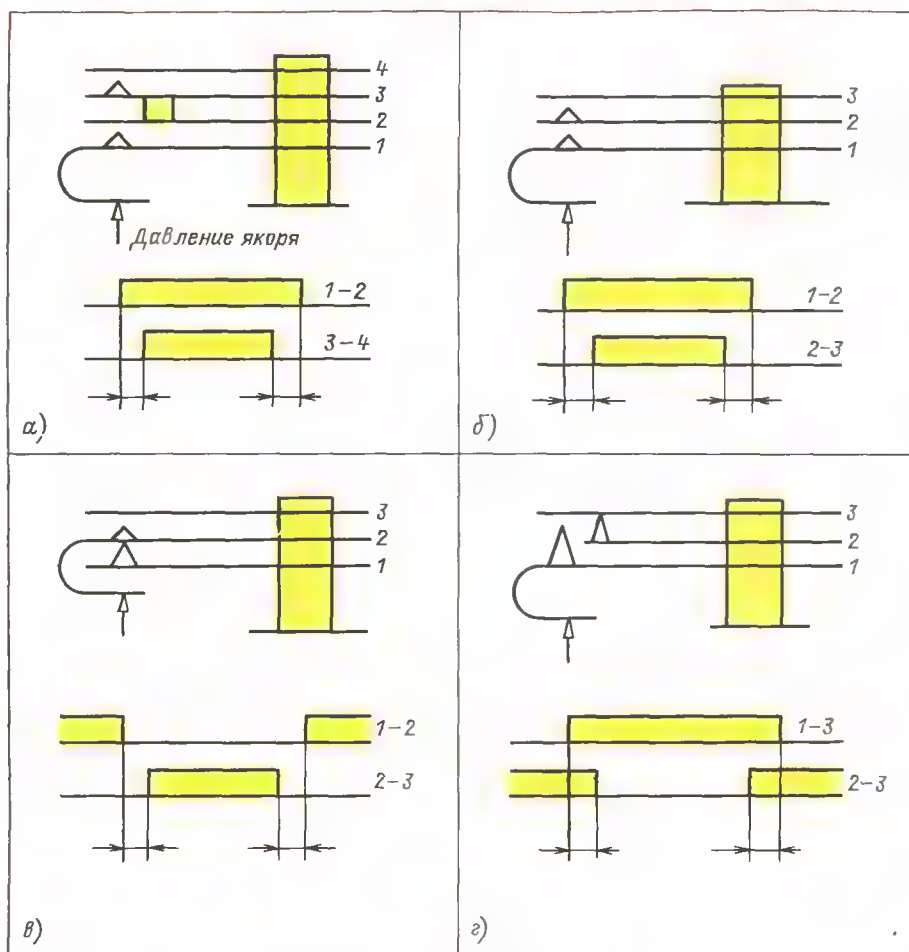


Рис. 7.17. Специальные контактные группы, обеспечивающие заданную последовательность переключений

ленно переключают контакт реле в конкретном случае.

Специальные контактные группы весьма распространены. Рассмотрим пример.

Нижний контакт 1-2 замыкается раньше верхнего 3-4 (рис. 7.17,а). Раньше замыкается контакт 1-2, а затем — 2-3 (рис. 7.17,б). Различие между этими контактными группами состоит в том, что

контактная группа на рис. 7.17,а переключает две независимые цепи (раздельные контакты), а цепи, переключаемые контактной группой рис. 7.17,б, обязательно связаны.

Раньше размыкается нижний контакт 1-2, а затем замыкается верхний 2-3 (рис. 7.17,в). Такой контакт называется переключающим. Его особенность состоит в том, что оба контакта (верхний и нижний) никогда не бывают одновременно замкнуты.

Раньше замыкается контакт 1-3,

а затем размыкается контакт 2-3 (рис. 7.17,з). Такой контакт в отличие от переключающего обеспечивает безобрывное переключение; его нередко называют мостящим.

Принципиальная особенность рассмотренных контактных групп заключается в том, что в них временные зависимости, т. е. очередность переключений, достигаются и притом весьма надежно простейшим способом, т. е. без каких-либо специальных мер.

Использование основного процесса для создания необходимой выдержки времени. Создавая схемы автоматики, естественно, стремятся к их упрощению, удешевлению и ускорению действия. Все три задачи в ряде случаев успешно решаются, если для создания необходимых замедлений используется время, затрачиваемое на совершение автоматизируемого процесса, вместо того, чтобы применять специальные реле для создания выдержки времени.



Пример 7.24

Работа компрессора продолжается ровно столько времени — не больше и не меньше — если он автоматически включается при снижении давления в резервуаре и автоматически отключается, как только давление достигает заданного значения.



Пример 7.25

Железнодорожный путь разделяют на участки, ограждая каждый из них светофором. Если участок занят, то в светофоре перед ним горит красный сигнал. Но как только участок освободится, красный сигнал автоматически переключается на зеленый. Можно, конечно, рассчитать, сколько времени поезд находится на участке, и на

этом основании с помощью реле времени осуществлять переключения. Но такое решение крайне *опасно*. Дело в том, что поезд по какой-либо причине может задержаться на участке, а реле времени независимо от этого включит зеленый сигнал.

Рассмотренные примеры (а их можно продолжать без конца) подчеркивают весьма ценное свойство распространенного приема — обеспечивать переменную по времени выдержку времени в зависимости от течения процесса и притом *минимально* необходимою.

7.3. Свойства и основные области применения различных способов соединений

Соединения катушек. В схемах нередко приходится иметь два повторителя одного и того же аппарата KI (рис. 7.18,а–в), причем один из них I — должен действовать быстро, а другой 2 — с замедлением. Эти повторители могут быть включены по одной из трех схем. Но, как показывают помещенные рядом со схемами диаграммы, на которых желтые прямоугольники обозначают, что контакт замкнут, эти схемы обладают различными свойствами.

Так, в схеме на рис. 7.18,а цепи реле не связаны: каждая из них управляется отдельным контактом KI и I . Следовательно, катушки не могут оказывать друг на друга влияния, что благоприятно. Замедление равно t_0 . Однако если контакт в цепи повторителя по какой-либо причине, например из-за загрязнения, не замкнется, то повторитель не включится и, следовательно, цепи, которые он должен переключить, останутся в прежнем положении. Получится "автоматика наполовину", а это в лучшем случае приведет к отказу, а в худшем — к неправильным и, быть может, опасным действиям.

Чтобы исключить этот недостаток, оба реле включают через один общий контакт — рис. 7.18,б. Но теперь катушки оказываются связанными, из-за чего после размыкания контакта в их контуре возникает ток, который может изменить времена возврата. В результате реле 1 получит замедление t_1 (по сравнению со схемой рис. 7.18,а), а реле 2 возвратится быстрее на время t_2 . Все зависит от соотношения параметров. По аналогии с механикой здесь имеют место явления, как при соударении упругих шаров: в зависимости от их масс шары после соударения могут изменить скорости и даже обменяться скоростями.

В схеме на рис. 7.18,в обе катушки управляются общим контактом, благодаря чему контур, их связывающий при размыкании, не образуется. Это хорошо. Но требуется либо двойное напряжение ($2U$), либо катушки на напряжение $U/2$, и, кроме того, их сопротивления должны быть одинаковы. Заметим, что при последовательном соединении катушек может измениться постоянная времени цепи и, следовательно, изменится время срабатывания. Этот вопрос рассмотрен в примере 7.18.

Предупреждение. В рассматриваемых схемах предполагается электромагнитное (см. рис. 7.13), а не механическое (часовой механизм, двигатель с редуктором, маятник и т. п.) замедление.

Особый случай рассмотрен на рис. 7.18,г. Здесь параллельно соединены катушки 3 и 4 двух аппаратов со значительной разностью индуктивностей. Например, индуктивность реле 3 значительно меньше индуктивности включающего электромагнита 4 автоматического выключателя с дистанционным управлением. При таких неблагоприятных соотношениях после размыкания контакта $K1$ энергия, накопленная электромагнитом 4, разряжаясь на катушку реле 3, замедлит его отпускание на вре-

мя t_3 : реле возвратится не раньше (как предполагал составитель схемы), а после электромагнита 4, так как $t_3 > t_4$. Недопустимые последствия рассмотренного явления приведены в примере 8.10.

Реле 5 на рис. 7.18,д включает повторитель — реле 6, а он, в свою очередь, повторитель 7. Если у реле 5–7 по пять контактов, то всего в схеме можно использовать 13 контактов ($4 + 4 + 5$). Но нужно иметь в виду, что реле 6 запаздывает относительно реле 5 на время t_6 , а реле 7 — на время t_5 .

Особенность аппаратов переменного тока состоит в том, что их катушки потребляют большой пусковой ток (при опущенном якоре полное сопротивление Z в несколько раз меньше, чем при притянутом). Затем ток автоматически снижается в 4–10 раз. Если же аппарат переменного тока 9 используют в сети постоянного тока, то таких же соотношений между пусковым и рабочим токами достигают с помощью экономического резистора $R3$ (рис. 7.18,е). Дело в том, что при опущенном якоре резистор закорочен размыкающим контактом управляемого аппарата, а после его срабатывания резистор вводится в цепь катушки. Этот же прием используют при большой контактной нагрузке. В этом случае катушку включают при повышенной плотности тока, т. е. при закороченном резисторе. Но когда аппарат уже сработал, плотность тока автоматически снижается до допустимого значения, так как после размыкания контакта, шунтирующего резистор, он оказывается введенным в цепь катушки.

Иногда, чтобы подобрать необходимые параметры, приходится в цепь реле 8 вводить дополнительный резистор $R2$ (рис. 7.18,е).

Двухобмоточное реле быстро срабатывает при включении сильной обмотки, а затем самоблокируется через значительно более слабую обмотку. Это дает большую

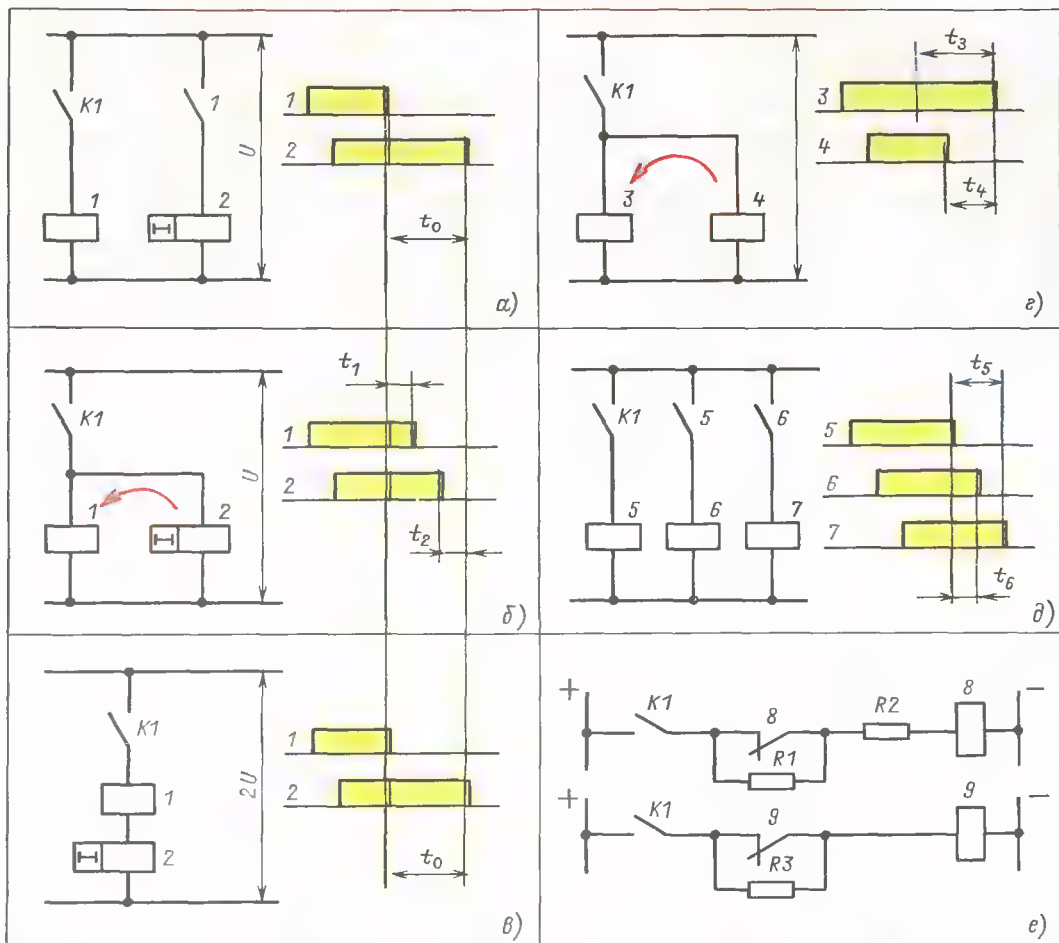


Рис. 7.18. Распространенные варианты включения катушек и их особенности

экономии электроэнергии, например на диспетчерских пунктах, где имеются сотни длительное время включенных реле. Применяя двухобмоточные реле, надо иметь в виду следующее: а) в схемах с самоблокировкой направления магнитодвижущих сил (МДС) обеих обмоток должны быть согласованы; б) между включением слабой обмотки и отключением сильной разрыв во времени недопустим. Это требование может быть успешно выполнено с помощью контактной группы, которая изображена на рис. 7.17,г. Группа на рис. 7.17,в

для этой цепи непригодна; в) если двухобмоточное реле отключают не путем размыкания цепи, а противовключением, то МДС обеих обмоток должны быть примерно одинаковы. Кроме того, после возврата реле цепи обеих обмоток необходимо одновременно разомкнуть.

Одним словом, даже такой обычный вопрос, как совместное включение двух реле, не так прост, как представляется.

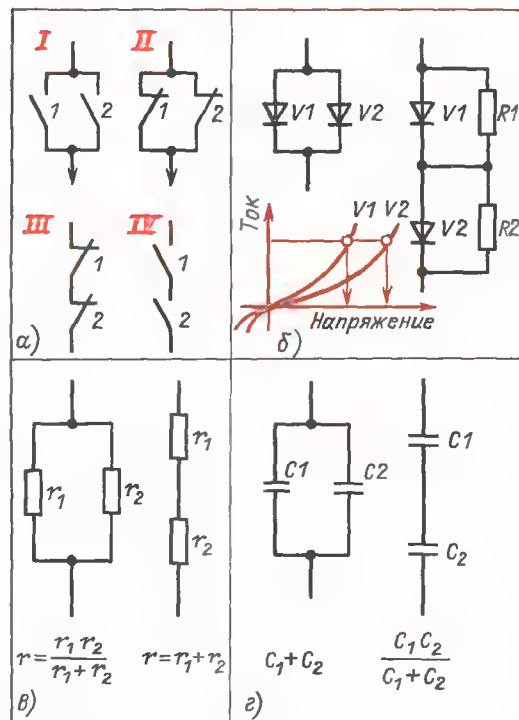


Рис. 7.19. Свойства типичных соединений контактов, диодов резисторов и конденсаторов

Соединения контактов (рис. 7.19,а). Полезно руководствоваться следующими общими положениями.

1. **Замыкающие контакты** разных аппаратов 1 и 2 соединяют: а) параллельно (I), если нужно, чтобы при срабатывании цепь замыкалась раздельно любым из них (ИЛИ), а при возврате размыкалась совместно всеми контактами (И); б) последовательно (IV), если нужно, чтобы цепь при срабатывании замыкалась совместно всеми контактами (И), а при возврате размыкалась раздельно любым из них (ИЛИ).

2. **Размыкающие контакты** разных аппаратов 1 и 2 соединяют: а) параллельно (II), если нужно, чтобы при срабатывании цепь размыкалась со-

вместно всеми контактами (И), а при возврате замыкалась любым из них (ИЛИ); б) последовательно (III), если нужно, чтобы цепь при срабатывании размыкалась любым контактом (ИЛИ), а при возврате замыкалась совместно всеми контактами (И).

3. **Контакты** одного и того же аппарата соединяют параллельно, если длительный ток в цепи больше длительного тока, допускаемого каждым контактом. Надо, однако, иметь в виду, что переходные сопротивления соединяемых параллельно контактов, как правило, не равны, из-за чего токи распределяются не строго поровну.

4. **Контакты** одного и того же аппарата соединяют последовательно, чтобы облегчить размыкание цепи: дуга дробится на части, на каждую из них приходится меньшее напряжение, что способствует гашению.

Соединения резисторов (рис. 7.19,в). При параллельном соединении n резисторов складываются их проводимости. Следовательно, эквивалентная проводимость $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$, где

$r_1, r_2, \dots, r_n$ — сопротивления резисторов. При параллельном соединении двух резисторов с сопротивлениями r_1 и r_2 эквивалентное сопротивление $r = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$. Оно в любом случае меньше наименьшего из соединенных сопротивлений.

При последовательном соединении сопротивления складываются $r = r_1 + r_2 + \dots + r_n$.

Соединения конденсаторов (рис. 7.19,г). При параллельном соединении емкости C_1 и C_2 складываются: эквивалентная емкость равна их сумме. При последовательном соединении эквивалентная емкость $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$. Если, например,

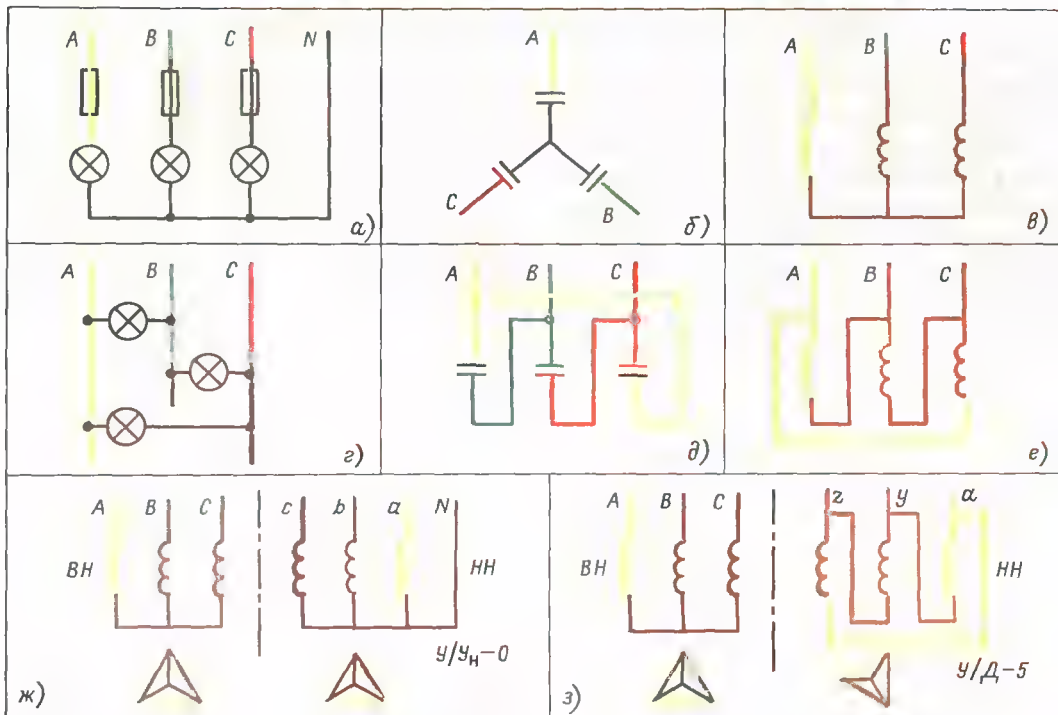


Рис. 7.20. Соединения в установках трехфазного переменного тока

последовательно соединить два конденсатора с емкостями C_1 и C_2 , то эквивалентная емкость $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$. Соединив, напри-

мер, параллельно два конденсатора емкостью 10 и 15 мкФ, получим 25 мкФ. При последовательном соединении этих же конденсаторов емкость будет 6 мкФ.

Соединение диодов (рис. 7.19,б). Нужно иметь в виду, что вольт-амперные характеристики различных экземпляров диодов $V1$ и $V2$ имеют большой разброс, из-за чего токи между параллельно соединенными диодами распределяются неравномерно. При последовательном соединении диодов к каждому из них параллельно присоединяют резисторы $R1$ и $R2$. Эти резисторы выравнивают обратные напряжения, приходящиеся на каждый диод, предотвращая их пробой. Присоединение резисторов для

защиты диодов от пробоя — не единственный способ защиты диодов от пробоя, но этот вопрос не относится к теме книги.

Соединения в установках трехфазного тока (рис. 7.20). На рис. 7.20,а лампы, соединенные в звезду, включены на фазные напряжения. В нейтральном проводе N предохранителя нет и он недопустим. Дело в том, что при отсутствии нейтрального провода (или перегорания предохранителя, ошибочно установленного в нейтральный провод) неравномерность нагрузки фаз приведет к перераспределению напряжений между лампами; одни лампы будут светить тускло, другие могут даже перегореть.

Соединение конденсаторов в звезду показано на рис. 7.20,б. Емкости конденсаторов одинаковы; в противном

случае потребовался бы нейтральный провод.

При соединении в звезду обмоток двигателей (рис. 7.20,в) безразлично, что объединять в нейтральную точку: начала обмоток между собой или их концы.

Соединения в треугольник ламп, конденсаторов и двигателей показаны на рис. 7.20,г–е соответственно.

Трансформаторы соединяют в звезду, треугольник или зигзаг несколькими способами. Один из них иллюстрирует рис. 7.20,ж, где обе обмотки BH (высшего) и HH (низшего) напряжения соединены в звезду и образуют группу соединений $У/У_H-0$ [обмотки BH соединены в звезду ($У$), HH – в звезду с выведенной нейтралью ($У_H$), сдвиг фаз между напряжениями одноименных фаз BH и HH 0°].

В другом примере (рис. 7.20,з) обмотка BH соединена в звезду ($У$), обмотка HH – в треугольник ($Д$). В данном случае получилась группа $У/Д-5$, т. е. со сдвигом фаз между напряжениями одноименных фаз BH и HH $5 \times 30^\circ = 150^\circ$. При соединении обмоток трансформаторов (в отличие от соединений обмоток двигателей) далеко не безразлично, что с чем соединять (концы, начала) и в какой последовательности выполнены соединения. Это объясняется тем, что большинство трансформаторов питает потребителей параллельными группами. А параллельно можно соединять только те трансформаторы, которые имеют одинаковые группы соединения. В противном случае возникнет тяжелейшее короткое замыкание. Образно говоря, параллельное включение двух трансформаторов с разными группами соединений равносильно пуску навстречу двух поездов по одному пути. Существуют двенадцать различных групп соединения.

Что происходит при переключении со звезды в треугольник и обратно в наиболее распространенных случаях. 1. При переключении со звезды в треугольник обмо-

ток генераторов или вторичных обмоток трансформаторов напряжение в сети понижается в 1,73 раза, например с 380 до 220 В. Мощность генератора и трансформатора остается такой же. Ток в линейных проводах возрастает в 1,73 раза.

2. При переключении обмоток генераторов с треугольника в звезду происходят обратные явления, т. е. линейное напряжение в сети повышается в 1,73 раза, например с 220 до 380 В, токи в линейных проводах уменьшаются в 1,73 раза.

3. При переключении ламп со звезды в треугольник (при условии присоединения к той же сети, в которой лампы, включенные звездой, горят нормальным накалом) лампы перегорят.

4. При переключении ламп с треугольника в звезду (при условии, что лампы при соединении в треугольник горят нормальным накалом) лампы будут давать тусклый свет.

5. Все сказанное о лампах относится к резисторам, электрическим печам и тому подобным электроприемникам.

6. При переключении двигателя с треугольника в звезду мощность его снижается примерно втрое. И наоборот, если двигатель переключить со звезды в треугольник, мощность резко возрастает, но при этом двигатель, если он не предназначен для работы при данном напряжении и соединении в треугольник, сгорит.

7.4. Получение заданной последовательности действий. Блокировочные зависимости

Рассмотрим типичные приемы, с помощью которых: а) достигают запрещения опасных и разрешения безопасных действий; б) обеспечивают заданную последовательность действий; в) автоматически связывают процессы, выполнение которых необходимо для получения определенного

результата, например для включения какого-либо агрегата, пуска механизмов точно-транспортной системы и т. п.



Пример 7.26

В упражнении 5.3 показано, как надо включить лампу безопасности, установленную в камере масляного выключателя, из которой не видны ограждающие выключатели разъединители. Лампа погашена, если хотя бы один из разъединителей включен, а также если неисправна схема. Это типичный пример запрещения (лампа не горит) и разрешения (лампа горит) входить в камеру.

На таком же принципе построена электромагнитная блокировка разъединителей: замок можно открыть, если масляный выключатель отключен и исправна схема.



Пример 7.27

Изменение направления вращения (реверсирование) двигателя осуществляется путем "перекрещивания" фаз с помощью двух магнитных пускателей. Один из них присоединяет к двигателю фазные провода в порядке *A, B, C*, другой — в порядке *A, C, B*. Оба пускателя одновременно включать нельзя (такое включение равносильно короткому замыканию между фазами *B* и *C*); оно предотвращается взаимной блокировкой пускателей. Блокировка состоит в том, что в цепь катушки пускателя "Вперед" введен размыкающий вспомогательный контакт пускателя "Назад", и наоборот.



Пример 7.28

В упражнении 5.4 рассмотрена структура блокировочных зависимостей между меха-

низмами, образующими транспортную цепь. В данном случае благодаря блокировке между пускателями пуск механизмов возможен только в строго определенной последовательности. Если же какой-либо механизм остановился, то немедленно для предотвращения завала останавливается механизм, подающий на него материал.

Блокировка в данном случае осуществляется не через вспомогательные контакты магнитных пускателей, а с помощью реле скорости: последующий по технологическому потоку механизм может быть пущен лишь при условии, что предыдущий не только включен, но и достиг заданной скорости.

Задание определенной последовательности действий

Задать определенную последовательность действий можно несколькими способами. Один из них состоит в использовании программных реле, к контактам которых в определенном порядке присоединяют цепи управления. А контакты настраивают на замыкание и размыкание с необходимыми интервалами. Пример такого решения приведен в упражнении 5.8.

Другой способ в общих чертах состоит в преднамеренном связывании цепей управления, благодаря которому без каких-либо программных аппаратов можно (и притом в минимально необходимое время) осуществить переключения. Персонал, например, включает только первый механизм. Когда его разгон завершится, что зафиксирует реле скорости, оно без участия персонала включит второй. Его реле скорости, в свою очередь, включит третий и т. д.

Предупреждение. На самом деле это значительно сложнее: нужно, чтобы цепи были связаны только в режиме автоматического управления, нужно обеспечить нулевую защиту и т. п. К этим важным вопросам мы еще вернемся в гл. 9.



Пример 7.29

Чтобы включить агрегат, необходимо выполнить следующее. 1. Измерить температуру в масляном баке. 2. Если температура слишком низка (из-за чего масло недопустимо вязкое), надо включить подогреватель. 3. Когда температура достигнет заданного значения — подогреватель следует отключить. 4. Если температура слишком высока (т. е. не может обеспечить достаточное охлаждение), необходимо включить охладитель. 5. Когда температура достигнет заданного значения, охладитель следует отключить. 6. Включить масляный насос. 7. Когда давление масла в охлаждающей системе достигнет заданного, нужно включить двигатель привода.

Здесь рассмотрен случай пуска несложного агрегата. Его можно выполнить следующими четырьмя способами.

Первый способ пригоден только при ремонтных работах, для опробования механизмов. Это так называемое ремонтное управление. Однако и здесь есть ограничения: нельзя, например, включать двигатель, если не обеспечена смазка.

Второй способ предусматривает автоматический контроль за температурой и давлением смазки, но все переключения выполняются персоналом, который руководствуется показателями термометра и манометра. Этот способ неполноценен: успех дела зависит от внимательности, квалификации и дисциплинированности персонала.

Третий способ. Вводится блокировка, благодаря которой: а) при слишком холодном масле не удастся включить охладитель; б) при слишком горячем — невозможно включить подогреватель; в) при отклонении температуры масла от заданной попытка включить насос закончится неудачей; г) если давление масла

недостаточно, не удастся включить двигатель. Одним словом, обеспечивается технологически правильная последовательность действий. Переключения производит персонал, но свободу его действий (которые могли бы оказаться опасными) ограничивают блокировки.

Четвертый способ освобождает персонал от всех промежуточных действий — они выполняются автоматически. На его долю остается только подать импульс на включение первого элемента. Сигнал о включении агрегата (так как именно оно имеет оперативный смысл) поступает от последнего элемента, например от реле, контролирующего окончание разгона. Именно так поступают при автоуправлении.

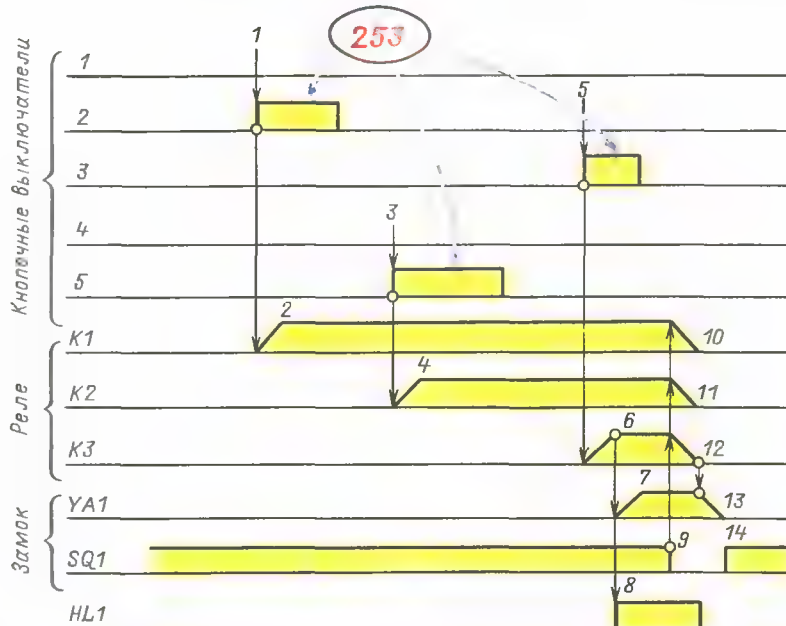
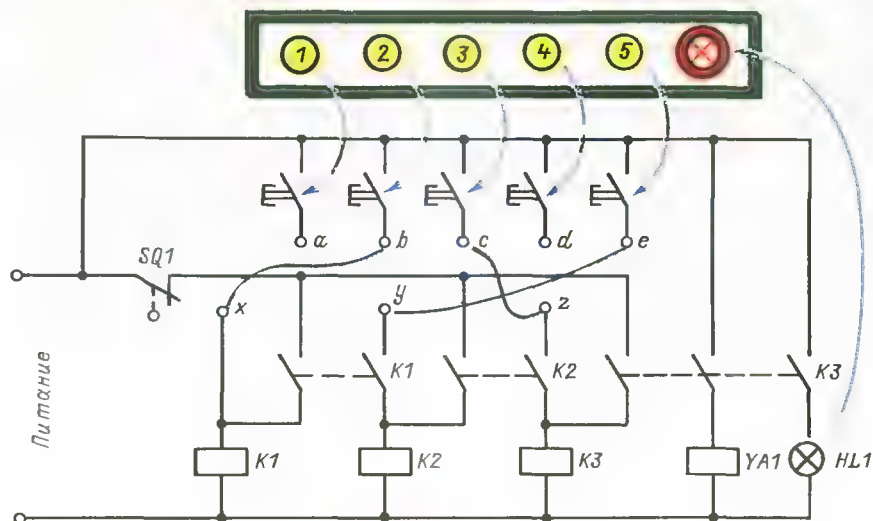
Кодирование чрезвычайно широко распространено в электротехнике. Кодироваться, например, телеграфные передачи: путем сочетаний пяти импульсов двух продолжительностей (короткий импульс — точка и длинный — тире) передаются все буквы, цифры и несколько специальных знаков. Кодировались номера телефонов на АТС, что дает возможность по двум проводам с помощью семи цифр вызвать любого из 10 млн. абонентов. В основу телемеханики положено кодирование и т. п.

Оставим в стороне эти специальные вопросы, а обратимся к простому примеру, чтобы пояснить существо дела, выполнив для этого упражнение 7.10.



Упражнение 7.10

На рис. 7.21 сверху показана панель с пятью кнопками 1–5 и сигнальной лампой. Под ней изображена схема, состоящая из трех реле $K1-K3$, электромагнита $YA1$, освобождающего защелку замка у входной двери, конечного выключателя $SQ1$, который размыкается, когда дверь открывают, и сигнальной лампы $HL1$. Снизу поме-



цена диаграмма взаимодействия, соответствующая коду 253. Зелеными линиями показаны переключки $x-b$, $y-e$, $z-c$, которые надо установить, чтобы замок можно было открыть при нажатии кнопок 2, 5 и 3.

Рис. 7.21. Пример, иллюстрирующий один из приемов простейшего кодирования: чтобы открыть дверь, надо предварительно нажать кнопки, соответствующие коду. К упражнению 7.10

Требуется. 1. Прочитать схему и составить диаграмму взаимодействия. 2. Доказать, что при любой другой последовательности нажатия кнопок (235, 523, 352, 523, 325) замок не откроется. 3. Составить таблицу соединений зажимов x , y , z с зажимами a – e , чтобы получить коды 451, 325, 123, 241.



Ответы

1. В исходном положении дверь заперта. Следовательно, замкнут контакт $SQ1$, остальные контакты разомкнуты. Нажимают кнопку 2 (точка 1): срабатывает и самоблокируется реле $K1$ (точка 2) и подготавливает цепь катушки реле $K2$. Нажимают кнопку 5 (точка 3): срабатывает и самоблокируется реле $K2$ (точка 4) и подготавливает цепь катушки реле $K3$. Нажимают кнопку 3 (точка 5): срабатывает и самоблокируется реле $K3$ (точка 6). Реле $K3$ включает электромагнит $YA1$ (точка 7) и лампу $HL1$ (точка 8): дверь открывается, конечный выключатель $SQ1$ замыкается, реле $K1$ – $K3$ возвращаются в исходное положение (точки 10–12). Электромагнит отпускает (точка 13). Дверь закрывают: конечный выключатель $SQ1$ замыкается. Схема приходит в исходное положение (точка 14).

2. Из схемы видно, что электромагнит включается контактом реле $K3$. Но оно может сработать только тогда, когда включено реле $K2$, а реле $K2$ может сработать только после срабатывания реле $K1$. Следовательно, раньше нужно нажать кнопку 2 – сработает $K1$ и подготовит цепь реле $K2$; затем кнопку 5 – сработает $K2$ и подготовит цепь реле $K3$. Нажимать кнопки в другом порядке бессмысленно.

- 3. Код 451. Соединены: $d-x$, $e-y$, $a-z$.
Код 325. Соединены: $c-x$, $b-y$, $e-z$.
Код 123. Соединены: $a-x$, $b-y$, $c-z$.
Код 241. Соединены: $b-x$, $d-y$, $a-z$.

7.5. Защита от перегрева

В § 6.3 обращено внимание читателей на чрезвычайную опасность для электроустановок перегрева. А перегрев может возникнуть по многим причинам:

а) неправильный выбор электрооборудования без учета реальных условий его эксплуатации;

б) неудачное размещение электрооборудования, при котором не обеспечивается его нормальное охлаждение;

в) перегрузка сетей освещения из-за того, что потребители бесконтрольно могут включать более мощные лампы и бытовые электроприборы, чем предусмотрено проектом;

г) перегрузка сетей, питающих электродвигатели, и перегрев их обмоток при неполнофазных режимах, например при перегорании предохранителя в одной из фаз;

д) двигатель будет перегружен, если приводимый им механизм плохо механически отрегулирован, перекошен, нарушена его смазка;

е) перегрузки могут возникнуть в аварийных режимах, когда, например, отключается один из параллельно работавших трансформаторов и т. п.

В отличие от защиты от токов КЗ, необходимой всегда, защита от перегрузки (т. е. в конечном итоге от перегрева) требуется только в случаях, определенных ПУЭ. Не вдаваясь в детали – это не тема книги – обратим внимание читателей на основные приемы, используемые для защиты. От перегрузки могут защищать:

1) реле, которые отключают перегруженную линию тем быстрее, чем перегрузка больше. Реле, предназначенные для этой цели, имеют зависимую время-токовую характеристику. Это значит, что время срабатывания тем меньше, чем ток больше;

2) автоматические выключатели с тепловыми или комбинированными расцепителями. Тепловой элемент комбинированного расцепителя защищает от перегрузки, электромагнитный – от КЗ;

3) специальные тепловые реле, встроенные в магнитный пускатель, либо монтируемые отдельно.

Не вдаваясь в детали, подчеркнем следующее:

а) автоматические выключатели одних

исполнений имеют уставку, раз и навсегда заданную заводом-изготовителем. В других исполнениях уставка может регулироваться в довольно широких пределах. Это дает возможность уменьшить количество типоразмеров, что, конечно, желательно, но таит опасность загробления защиты. Дело в том, что недостаточно квалифицированный персонал, получив возможность регулировать уставку, недопустимо загробляет защиту, вместо того, чтобы привести механизм в порядок;

б) тепловые реле имеют сменные тепловые элементы с разными номинальными токами, например $I_{\text{ном}} = 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20$ или 25 А. При этом завод-изготовитель реле оговаривает следующие условия его применения, например:

1) максимальный ток продолжительного режима может не более чем на 25% превышать номинальный ток теплового элемента, иначе он сгорит;

2) ток уставки реле должен быть равен номинальному току защищаемого двигателя или больше в пределах 5%;

3) должен быть запас на регулировку в обе стороны не менее двух делений регулятора. Регулятор имеет (в нашем примере) пять делений влево (минус) и пять делений вправо (плюс) от нулевой отметки шкалы. Каждое деление соответствует примерно 5% номинального тока теплового элемента.

Одним словом, если в схеме правильно показано включение тепловых реле, то из этого еще не следует, что защита от перегрузки обеспечена. Читая схему должен расчетом проверить правильность ее выбора.



Пример 7.30

Пусть номинальный ток двигателя 6,5 А. Ближайшим к нему тепловым элементом $I_{\text{ном1}} = 6,3$ и $I_{\text{ном2}} = 8$ А соответ-

ствуют максимальные токи продолжительного режима $1,25 \times 6,3 = 7,9$ и $1,25 \times 8 = 10$ А, в обоих случаях большие, чем номинальный ток двигателя. Следовательно, первое условие выполняется ($7,9 > 6,5$ и $10 > 6,5$).

При $I_{\text{ном1}} = 6,3$ А уставка может быть задана в пределах от $0,75 \times 6,3 = 4,7$ до $1,25 \times 6,3 = 7,9$ А, а при $I_{\text{ном2}} = 8$ А в пределах от $0,75 \times 8 = 6$ до $1,25 \times 8 = 10$ А. В обоих случаях номинальный ток двигателя лежит в пределах возможных уставок ($4,7 < 6,5 < 7,9$ и $6 < 6,5 < 10$). Следовательно, второе условие тоже удовлетворяется.

При $I_{\text{ном1}} = 6,3$ А регулятор должен быть установлен либо на нулевое деление (уставка 6,3 А), либо на одно деление правее (уставка $6,3 \times 1,05 = 6,6$ А). Запас на регулировку по два деления в каждую сторону имеется, следовательно, третье условие удовлетворяется. При $I_{\text{ном2}} = 8$ А третье условие не удовлетворяется: регулятор нужно установить на предпоследнее деление влево (уставка $8 \times 0,8 = 6,4$ А), но при этом на регулировку остается только одно деление.

Нужно проверить, защищены ли сами тепловые элементы от повреждения токами КЗ, т.е. выполняется ли условие $I_{\text{вставки}} < 3I_{\text{ном.элемента}}$.

7.6. Защита от коммутационных перенапряжений.

Повышение коммутационной способности контактов

Как было объяснено в § 6.3, в электроустановках возникают перенапряжения и внешние — грозовые и внутренние — коммутационные. От грозовых перенапряжений защита электроустановок ВН осуществляется с помощью разрядников, например вентильных. Их сопротивление зависит от приложенного напряжения. При

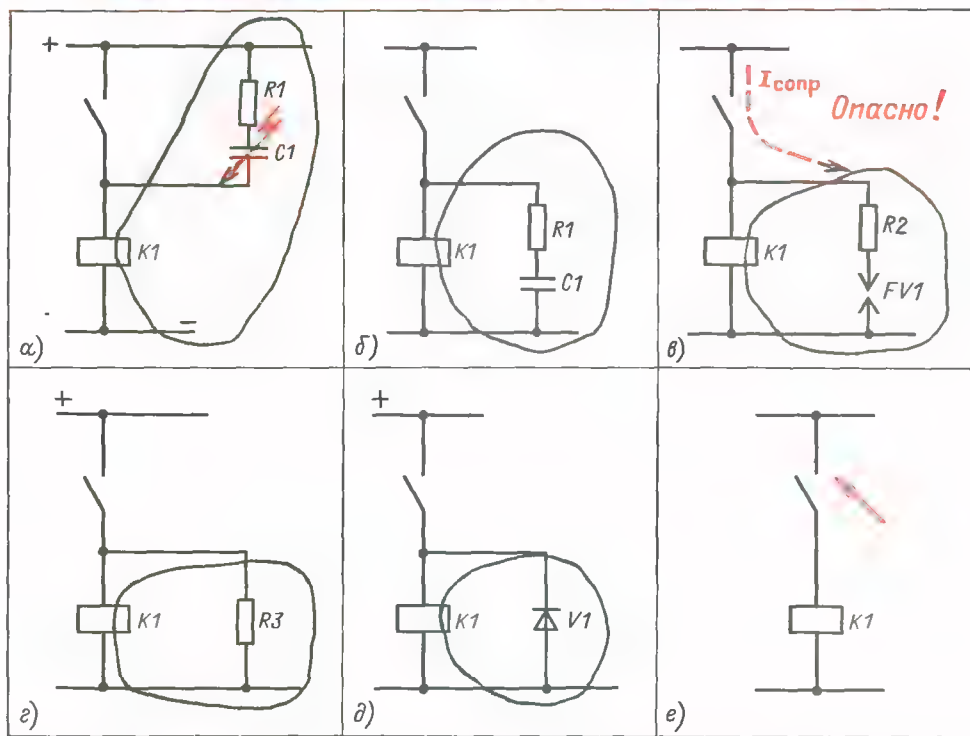


Рис. 7.22. Защита от коммутационных перенапряжений. Приемы искро- и дугогашения

номинальном напряжении сопротивление настолько велико, что не нарушает нормальной работы. Но при перенапряжении оно резко снижается, обеспечивая соединение пораженной линии с "землей". На линиях НН, например на линиях связи, устанавливают простые, дешевые малогабаритные разрядники. В этой книге защита от грозových перенапряжений не рассматривается — этот специальный вопрос подробно освещен в литературе.

Коммутационные перенапряжения достигают сотен и тысяч вольт и, хотя действуют кратковременно, тем не менее опасны для изоляции. Кроме того, коммутационные перенапряжения, являясь причиной искро- и дугообразования, ухудшают

условия работы контактов. По этим причинам коммутационные перенапряжения необходимо гасить. Наиболее распространенные способы их гашения и искрогашения иллюстрирует рис. 7.22.

На рис. 7.22,а контур из последовательно соединенных резистора $R1$ и конденсатора $C1$ включен параллельно защищаемому контакту, а на рис. 7.22,б — параллельно источнику перенапряжений — катушке $K1$. Последний вариант лучше, так как он обеспечивает защиту всех контактов, тем или иным способом связанных с катушкой. Кроме того, пробой конденсатора может привести к перегоранию резистора или предохранителей, что, конечно, плохо, но не может привести к замыканию рабочей цепи, как в схеме по рис. 7.22,а (сопротивление резистора мало, его значение лежит в пределах 10–25 Ом).

На рис. 7.22,в показан разрядник *FV1* (например, такой, какой применяется для грозащиты ВЛ связи). Его искровой промежуток пробивается при 350–450 В, ограничивая перенапряжение этим значением. Существенными недостатками таких разрядников являются: малая надежность и нечеткое погасание; дуга, возникшая под действием перенапряжения, иногда продолжает гореть от с о п р о в о ж д а ю щ е г о тока $I_{\text{сопр}}$ при напряжении 110 В и даже ниже. Резистор *R2* не может улучшить условия гашения, но ограничивает сопровождающий ток и предохраняет сам разрядник от повреждения и предохранители от перегорания. Разрядники не требуют энергии от источников оперативного тока, что является их достоинством.

На рис. 7.22,г показан резистор *R3*, называемый разрядным или гасительным, так как на него разряжается (в нем гасится) энергия перенапряжения. Значение сопротивления R_3 разрядного резистора *R3* может быть определено из соотношения $R_3 I = U_{\text{доп}}$, где I – ток, проходивший в цепи до ее размыкания; $U_{\text{доп}}$ – допустимое перенапряжение.

Пример 7.31

Примем, что перенапряжение не должно превышать $U_{\text{доп}} = 600$ В. Напряжение оперативного тока 115 В, сопротивление катушки (источника перенапряжения) 460 Ом. При этих условиях рабочий ток $I = 115 : 460 = 0,25$ А. Тогда $R_3 \times 0,25 = 600$ В, откуда $R_3 = 2400$ Ом.

На рис. 7.22,д вместо разрядного резистора включен диод *VI*. В нормальном режиме ток через него не проходит, следовательно, он не потребляет электроэнергию и в этом смысле предпочтительнее разрядного резистора.

Коммутационная способность контактов, кроме рассмотренных выше средств искро-

гашения, повышается следующими приемами: а) параллельным соединением контактов, работающих в длительном режиме; б) последовательным их соединением для повышения разрывной способности. Вопрос о способах соединения контактов подробно рассмотрен выше (см. пояснения к рис. 7.19); в) применением магнитного дутья и деионной решетки (последнее только на переменном токе).

В схемах дугогашения, предусмотренной конструкцией аппарата, независимо от способа его реализации показано на рис. 7.22,е.

Следует, однако, иметь в виду, что изображение на схеме дугогашения (рис. 7.22,е) отнюдь не означает, что оно будет эффективным. Читающий схему должен в этом убедиться, сопоставив условия работы цепи с требованиями завода-изготовителя. Эти требования, например, могут быть следующими: а) при токе, меньшем 25% номинального тока дугогасительной катушки, создаваемое ею магнитное поле недостаточно для гашения дуги; б) катушку нужно выбирать на ток примерно втрое больший, чем ток в размыкаемой индуктивной цепи. В противном случае возникнут значительные коммутационные перенапряжения из-за слишком быстрого гашения.

Пример 7.32

Контакт контактора без дугогашения способен размыкать ток 1,5 А. Контактор может быть укомплектован катушками на 1,5; 2,5; 10; 20 и 40 А. Фактический ток 6,5 А. Погасит ли дугу катушка на 40 А (ее с "запасом" выбрал составитель схемы)? Не погасит, так как $6,5 : 40 \times 100 = 16,2\% < 25\%$.

Катушка на 10 А мала ($10 : 6,5 = 1,54 < 3$). Подходит катушка на 20 А, удовлетворяющая обоим условиям: а) $6,5 : 20 \times 100 = 32,5\% > 25\%$ и б) $20 : 6,5 > 3$.

Техника чтения и анализа схем

8.1. Основные сведения

Выше сообщены сведения о стандартных условных обозначениях (гл. 2 и 3), видах и типах схем (гл. 1), надписях на схемах (гл. 4) и таблицах переключений (гл. 5), нормативных и руководящих документах (гл. 6), распространенных приемах получения заданных результатов — замедления и ускорения, блокировочных зависимостях, защите от перегрева и коммутационных перенапряжений (гл. 7).

Изучая эти вопросы, мы, естественно, отдавали себе отчет в том, что изображено на рассматриваемых схемах, оценивали их свойства, выявляли ошибки и находили способы их устранения. Одним словом, читали и анализировали схемы. В результате накопился достаточный материал, чтобы систематизировать и развить полученные сведения. А для этого нужно установить:

- а) что значит "прочитать схему";
- б) что нужно знать, кроме условных обозначений, чтобы читать схемы;
- в) что нужно знать на память и чего запоминать не следует;
- г) какие задачи решают, анализируя схемы;
- д) какими критериями руководствуются при анализе схем;
- з) какими приемами пользуются при чтении и анализе схем.

Что значит прочитать схему

Прочитать схему — это значить почерпнуть из нее сведения, необходимые для выполнения определенной работы. Следовательно, читая расчетную схему, получают данные для составления схемы замещения. Читая схему замещения, узнают значения величин, которые нужно подставить в формулы для вычисления конечного результата расчета.



Пример 8.1

Для определения тока КЗ в точке К составлена расчетная схема (рис. 8.1,а). Она показывает соединение генератора G , реактора, трансформатора и ВЛ, т. е. тех элементов, параметры которых принимают в расчет при вычислении тока КЗ.

Читаем схему.

1-й шаг. *Определяем, какими именно сопротивлениями (активными, индуктивными, емкостными) нужно заменить элементы расчетной схемы.* В данном примере генератор, реактор, трансформатор и ВЛ замещаются индуктивными сопротивлениями.

2-й шаг. *Определяем, как нужно соединить замещающие сопротивления.* В нашем примере их нужно соединить последовательно.

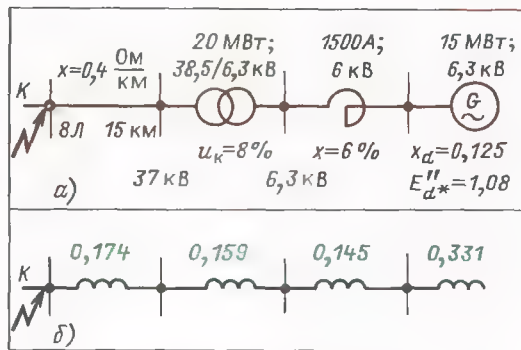


Рис. 8.1. Расчетная схема (к примеру 8.1) и схема замещения (к примеру 8.2)

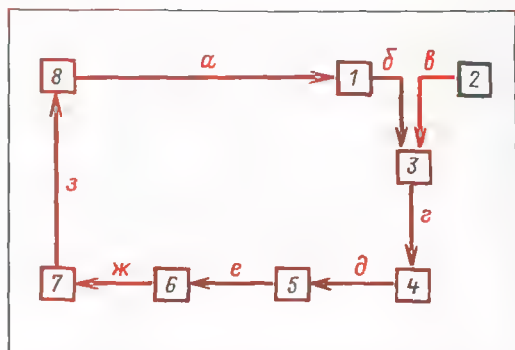


Рис. 8.2. Структурная схема установки автоматического управления освещением (к примеру 8.3)

3-й шаг. Выбираем данные из расчетной схемы для вычисления значений замещающих сопротивлений.

4-й шаг. Выполняем заданную работу, т. е. рисуем после расчета схему замещения. Получается рис. 8.1,б.



Пример 8.2

Читаем схему замещения, которая изображена на рис. 8.1,б.

1-й шаг. Выполняем заданную работу, т. е. выбираем значения величин, которые надо подставить в формулу для вычисления тока КЗ.



Пример 8.3

Читаем структурную схему установки автоматического управления освещением (рис. 8.2).

1-й шаг. Определяем, что обозначает и для чего предназначен каждый элемент схемы. Так как на ней все элементы изображены прямоугольниками, то ответ на этот вопрос можно получить только из надписей, руководствуясь номерами элемен-

тов. Надписи обычно сводят в таблицу; в книге не приведена.

2-й шаг. Определяем, с какого элемента (1-го, 2-го ... или 8-го) надо начинать рассмотрение взаимодействия. Для этого нужно решить, какова цель рассматриваемой установки. Ответ на этот вопрос дают совместно наименование установки и таблица. Из наименования ясна цель: автоматически управлять освещением. Из таблицы следует, что освещать надо объект 8. Значит, с него и нужно начинать.

3-й шаг. Выполняем заданную работу, т. е. определяем систему взаимодействия элементов, руководствуясь стрелками на линиях, соединяющих прямоугольники (для облегчения изложения стрелки обозначены буквами а—з).

Освещенность объекта 8 фиксирует фоторезистор 1 (стрелка а) и в виде какого-то сигнала поступает в устройство 3 (стрелка б). В него же поступает сигнал из задающего устройства 2 (стрелка в). В результате взаимодействия сигналов от 1 и 2 в устройстве сравнения 3 возникает сигнал, который через усилитель 4 поступает в катушку выходного реле 5 (стрелки г и д). Реле управляет контактором 6 (стрелка е), который включает и отключает осветитель 7 (стрелка ж).

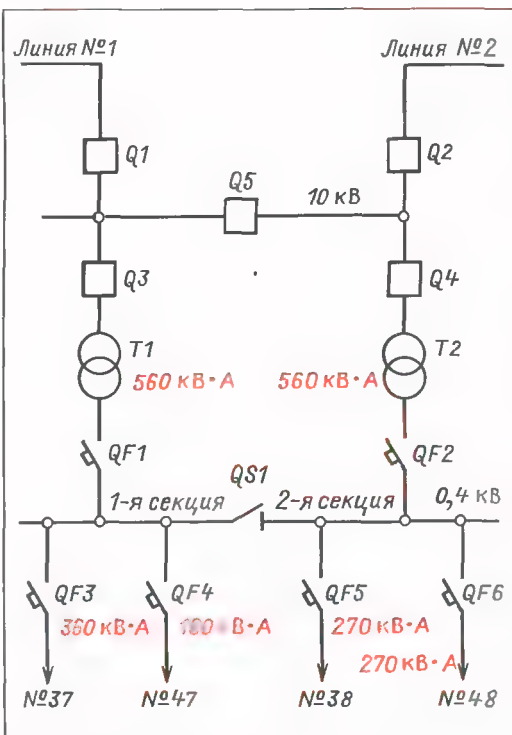


Рис. 8.3. Схема подстанции. К примеру В.4. П р и м е ч а н и я: 1. В нормальном режиме отключены $Q5$ и $QS1$. 2. Линии № 37 и № 38 не отключать



Пример 8.4

На рис. 8.3 дана схема подстанции в таком виде, как она изображена на щите диспетчера (чтобы не затемнять схемы, на ней не показаны разъединители). Диспетчер должен прочитать схему, чтобы установить последовательность переключений, которые необходимо выполнить, чтобы вывести в ремонт линию № 1 и трансформатор $T2$, не перегрузив $T1$ более чем на 15%.

1-й шаг. Определяем, какие аппараты изображены на схеме и как они соединены.

Схема выполнена в стандартных условных обозначениях, поэтому, не прибегая к перечню элементов, легко определить, что $Q1 - Q5$ — выключатели высокого напряжения, $T1$ и $T2$ — трансформаторы, $QF1 - QF6$ — автоматические выключатели, $QS1$ — разъединитель. Шины 10 и 0,4 кВ секционированы.

2-й шаг. Выясняем положение (включены, отключены) аппаратов в нормальном режиме. Определить это по схеме нельзя, так как все аппараты согласно стандарту изображены отключенными. Поэтому приходится обратиться к примечанию 1 (примечания помещены в подписи к рис. 8.3), из которого следует, что секционные выключатель $Q5$ и разъединитель $QS1$ отключены. Выключатели $Q1 - Q4$ и автоматические выключатели $QF1 - QF6$ включены.

3-й шаг. Выясняем нормальную схему питания электроприемников. Она явствует из результатов, полученных во 2-м шаге: линия № 1 через трансформатор $T1$ питает электроприемники 1-й секции шин 0,4 кВ; линия № 2 через трансформатор $T2$ питает электроприемники 2-й секции.

4-й шаг. Определяем, в каком положении должны быть аппараты, чтобы выполнить условия задания, т. е. питать электроприемники от линии № 2 через трансформатор $T1$. Для этого, приняв линию № 2 за источник питания, нужно мысленно наметить путь от нее через трансформатор $T1$ до обеих секций шин 0,4 кВ и заметить, какие аппараты встречаются на этом пути. Все аппараты $Q2$, $Q5$, $Q3$, $QF1$ и $QS1$ должны быть включены.

5-й шаг. Проверяем, не превысит ли нагрузка трансформатора заданных 15%. Для этого, определив по надписи на схеме мощность трансформатора (560 кВ·А), увеличиваем ее на 15% ($560 \times 1,15 = 644$ кВ·А). Затем по надписям на схеме узнаем нагрузку шин ($360 + 180 + 270 + 270 = 1080$ кВ·А). Сравнивая найденные

значения, видим, что условие не выполняется, 1080 значительно больше 644 кВ·А. Значит, часть электроприемников должна быть отключена.

6-й шаг. *Определяем, какие электроприемники могут быть оставлены в работе, чтобы нагрузка трансформатора не превышала 644 кВ·А.* Для этого складываем в разных сочетаниях нагрузки линий № 37, 38, 47 и 48 и, сравнивая результаты сложений с 644 кВ·А, выбираем наиболее к ней близкие. Подсчет обнаруживает одинаковые результаты (630 кВ·А) в двух вариантах: либо включены линии № 37 и 38, либо № 37 и 48.

7-й шаг. *Выбираем из двух вариантов один.* Для этого надо обратиться к поясняющей надписи (к подписи к рис. 8.3) и попытаться найти в ней ответ на поставленный вопрос. Ответ содержится в примечании 2, где сказано: линии № 37 и 38 не отключать. Итак, включенными должны остаться автоматические выключатели $QF3$ и $QF5$; выключатели $QF4$ и $QF6$ будут отключены.

8-й шаг. *Определяем, в каком положении должны быть аппараты, чтобы вывести в ремонт трансформатор Т2.* Должны быть отключены $Q4$ и $QF2$ и, конечно, соответствующие разъединители, не показанные на схеме.

9-й шаг. *Определяем, в каком положении должны быть аппараты, чтобы вывести в ремонт линию № 1.* Должны быть отключены $Q1$, выключатель на другом конце линии и, конечно, соответствующие разъединители.

10-й шаг. *Выполняем заданную работу, т. е. определяем последовательность выполнения переключений:*

а) исходное положение: включены $Q1 - Q4$, $QF1 - QF6$, отключены $Q5$ и $QS1$;

б) в результате переключений будут включены: $Q2$, $Q5$, $Q3$, $QF1$, $QS1$, $QF3$, $QF5$;

в) последовательность переключений: 1) включаем $QS1$; 2) включаем $Q5$ (убе-

дившись предварительно в соблюдении условий, допускающих параллельную работу линий № 1 и 2; 3) отключаем $QF4$; 4) отключаем $QF6$; 5) отключаем $Q4$; 6) отключаем $QF2$; 7) отключаем $Q1$; 8) отключаем разъединители и т. д.



Пример 8.5

Чтение принципиальной схемы рис. 8.4 имеет целью найти и устранить повреждение, из-за которого не включается выключатель $Q3$.

1-й шаг. *Определяем, что изображено на схеме, не прибегая к перечню элементов.* Это легко сделать, так как схема выполнена в стандартных условных обозначениях. Начинать надо со схемы главной цепи (рис. 8.4, а). На ней видны выключатель $Q3$, трансформаторы тока $TA1$ и $TA2$ в фазах А и С, к вторичным обмоткам которых присоединены токовые реле $KA1$ и $KA2$ соответственно. Следовательно, $Q3$ в цепях 1 и 2 — это вспомогательные контакты привода выключателя, а $KA1$ и $KA2$ в цепях 4 и 5 — контакты токовых реле (рис. 8.4, б).

Далее рассуждаем так. Выключатель имеет привод с двумя электромагнитами: включающим и отключающим. Значит, на схеме следует искать обозначения электромагнитов (в позиционном обозначении обязательна буква Y). Но таких обозначений на рис. 8.4 пять: $Y3$, $YA1 - YA4$, а из них нужно выбрать два, относящиеся к приводу выключателя $Q3$ (так как именно этот выключатель не включается), и определить, какой из них является включающим, а какой отключающим. Этот вопрос помогают решить следующие безусловные факты: отключающий электромагнит потребляет небольшой ток и поэтому непосредственно включается в цепи управления (рис. 8.4, б). Включающий электромагнит питается от мощной магистрали (рис. 8.4, в) через кон-

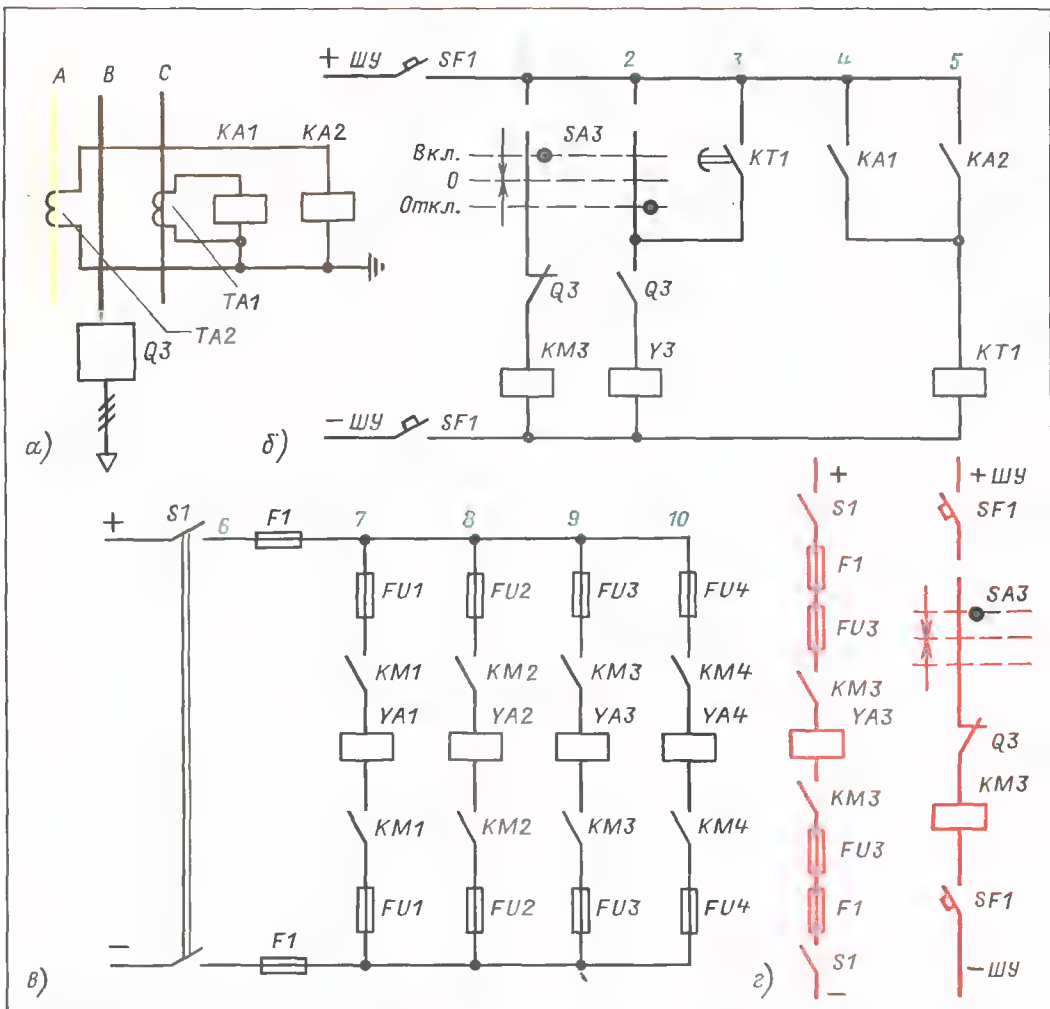


Рис. 8.4. Схема управления выключателем. К примеру 8.5

такты промежуточного контактора. Обмотка контактора питается от цепей управления. И действительно, на схеме в цепи 1 показана катушка контактора $KM3$, а в цепи 2 электромагнит $Y3$. Видимо, они именно те элементы, которые мы ищем.

Но как это проверить?

Вспомним, что электромагниты привода

рассчитаны на кратковременный режим. Значит, чтобы они не сгорели, в цепь отключающего электромагнита должен быть введен замыкающий, а в цепь катушки промежуточного контактора — размыкающий контакты привода выключателя. Так и сделано в цепях 1 и 2.

Еще одно соображение подтверждает, что $Y3$ — это действительно отключающий электромагнит. К нему присоединен контакт реле времени $KT1$, замыкающийся с вы-

держкой времени. Чтобы определить, что это за контакт, ищем катушку реле *КТ1* и видим, что она включается контактами реле тока *КА1* и *КА2*. Значит, реле *КТ1* есть не что иное, как реле времени токовой защиты.

Наконец, цепь *КМЗ* замыкается переключателем *СА3*, когда его рукоятку поворачивают в положение *Вкл.*, а цепь *УЗ* замыкается этим же переключателем, но в положении *Откл.* Рукоятка переключателя имеет самовозврат в нейтральное положение *0*, что также подтверждает правильность сделанных предположений.

Итак, отключающий электромагнит *УЗ* найден. Чтобы найти включающий электромагнит, нужно искать цепь, в которую входят контакты *КМЗ*, а она получает питание от мощной магистрали (рис. 8.4, в).

2-й шаг. Выделяем из схемы цепи, в которых может быть неисправность, являющаяся причиной отказа при включении выключателя. Эти цепи изображены отдельно на рис. 8.4, г.

Нарушение в соединениях маловероятно. Повреждаются обычно либо контакты аппаратов, либо нарушается питание (отключился автоматический выключатель, перегорели предохранители и т. п.).

Всегда нужно начинать с проверки наличия питания. Для этого можно воспользоваться либо вольтметром (или указателем напряжения), либо удостовериться в наличии (отсутствии) питания по положению другого аппарата, который должен быть включен.

На схеме рис. 8.4, г видны две цепи, участвующие во включении выключателя. В одну из них входят: шинка + *ШУ*, автоматический выключатель *СФ1*, контакт ключа управления *СА3*, вспомогательный контакт *Q3* привода выключателя, катушка контактора *КМЗ*, другой полюс автоматического выключателя *СФ1*, шинка управления — *ШУ*. Во вторую цепь входят: рубильник *С1*, общие предохранители *F1* и инди-

видуальные предохранители *FУЗ* привода, включающий электромагнит *УАЗ*, контакты контактора *КМЗ*.

В этих цепях и следует искать повреждение. Если питание для обеих цепей есть, то поочередно проверяют контакты аппаратов.

*Что нужно знать
кроме условных обозначений,
чтобы читать схемы*

Представим себе человека, который учил алфавит, знает, что слова образуются из сочетаний букв, что слова друг от друга отделяются промежутками и даже усвоил знаки препинания. Достаточно ли этого, чтобы читать? Любой, кому будет задан такой вопрос, ответит: если человек знает язык, на котором написано, то он будет читать (по складам, или бегло, это другое дело). Если же языка не знает, то какое же это чтение? Когда же дело доходит до чтения схемы электроустановки, то нередко приходится слышать: расшифруйте условные обозначения — и схема будет прочитана. Насколько глубокое заблуждение таится в этой самоуверенности, легко убедиться на приведенных выше примерах.

Действительно, для решения этих примеров *кроме знания условных обозначений* нужна еще самая малость. Так, пример 8.1 не может быть решен, если решающий не знает, какими сопротивлениями замещаются при расчетах тока КЗ трансформатор, генератор, реактор и ВЛ. Пример 8.2 нельзя решить, если решающий не знает расчетных формул, т. е. не представляет себе, значения каких именно величин нужно выбрать из схемы замещения. Для решения примера 8.3 нужно знать, что такое фоторезистор, усилитель, реле, контактор. Решение примера 8.4 требует основных сведений по подстанциям, умения подсчитывать нагрузки, знания правил переключений. Чтобы решить пример 8.5,

надо знать устройство и условия работы привода выключателя и максимальной токовой защиты.

Одним словом, знание условных обозначений и правил их применения так же необходимо, но недостаточно для чтения схем, как знание алфавита необходимо, но недостаточно для чтения текста.



Вывод 1

Чтобы читать схему, нужно располагать достаточными для каждого конкретного случая знаниями из электротехники.

Представим себе далее человека, который знает язык, но читает не слева направо и сверху вниз и не строка за строкой, а как попало, выхватывая отдельные слова, читает с пропусками. Получится ли что-нибудь путное из такого "чтения"? Также ничего не получится из чтения схем, если не придерживаться определенного порядка. Читатели, желающие убедиться в справедливости этого утверждения, могут попробовать решить пример 8.3, начиная, скажем, не с 8-го, а со 2-го элемента, или, например, изменить порядок при решении примера 8.4.



Вывод 2

Нужно знать порядок, в котором надлежит читать схемы. Этот вопрос подробно рассмотрен в § 8.5.

Решая арифметическую задачу, можно проверить правильность сложения вычитанием, умножения — делением, извлечения корня — возведением в степень и т. п. Точно так же есть ряд приемов, по которым можно проверить, правильно ли прочитана схема. Мы уже встречались с такими приемами в примере 8.4, где сопоставлялось следующее. Во-первых, мы

знали, что у привода выключателя должен быть отключающий электромагнит, искали его и нашли. Во-вторых, знали, что в цепи электромагнита должен быть замыкающий вспомогательный контакт привода, искали его и нашли. В-третьих, убедились в том, что к отключающему электромагниту присоединены и контакт реле времени токовой защиты, и тот контакт ключа управления, который замыкается, когда его рукоятку поворачивают в положение *Откл.*



Вывод 3

В процессе чтения схемы надо проверять правильность сделанных предположений, пользуясь приемами, либо подтверждающими, либо опровергающими предположения. Значит, нужно знать приемы проверки и уметь ими пользоваться.

Нередко выводы, сделанные в результате чтения схемы, не совпадают с фактами, полученными в процессе испытания. И схема прочитана вроде правильно, но и фактам нельзя не верить. В этих случаях схема, по-видимому "слишком схематична", т. е. в ней не отражены существенные для данного случая подробности.



Пример 8.6

На рис. 8.5,а показан разъединитель *QS1*, привод которого имеет двигатель. Кинематическая схема привода изображена на рис. 8.5,б.

В обычных условиях применяется схема управления (рис. 8.5,в), действующая следующим образом. Для включения (отключения) нажимают кнопочный выключатель *SB1*. Промежуточный контактор *KM1* срабатывает (цепь 1-4), самоблокируется (цепь 5-4) и включает двигатель *M1* (цепь 7-6 на

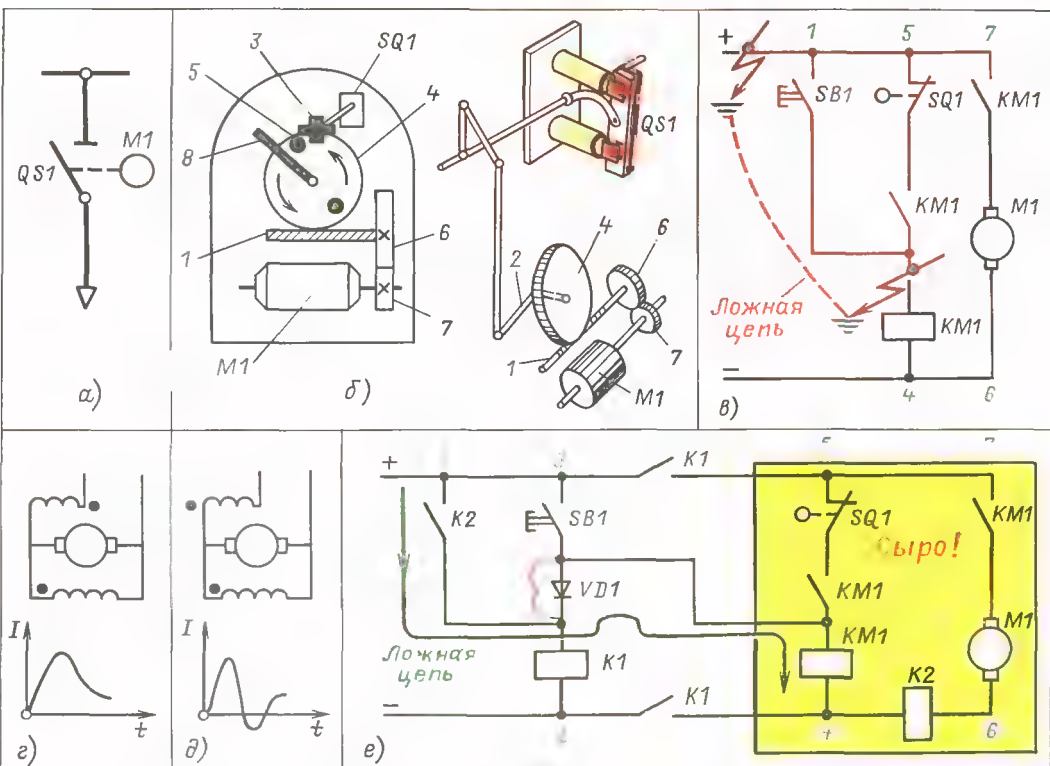


рис. 8.5,б). Когда привод повернет диск 4 (рис. 8.5,б) на 180° (цикл закончен), рычаг 8 надавит на шпильку 5 и она с помощью звездочки 3 разомкнет контакт конечного выключателя SQ1 и отключит контактор KM1 (рис. 8.5,б): двигатель остановится.

Но рассматриваемый разъединитель и контактор KM1 находятся в очень сыр о м помещении, где весьма вероятно ухудшение изоляции. А если изоляция будет повреждена в точках, указанных на рис. 8.5,в, то произойдет крайне опасное самопроизвольное включение привода. Поэтому в данных условиях обычная схема не годится и применена другая схема (рис. 8.5,е).

Особенность этой схемы состоит в том, что в сырое помещение питание подается

Рис. 8.5. Схема управления разъединителем и двигательным приводом. К примерам 8.6 и 8.7:

а — схема главной цепи; б — кинематическая схема привода; в — обычная схема управления; г — схема двигателя со смешанным возбуждением, у которого обмотки последовательного и параллельного возбуждения действуют согласованно; д — то же, но обмотки действуют навстречу; е — схема для сырого помещения: 1 — червячный вал; 2 — тяга; 3 — "звездочка" — фасонный рычаг, размыкающий контакт конечного выключателя SQ1, фиксирующий окончание работы привода; 4 — диск; 5 — шпилька, поворачивающая "звездочку"; 6 и 7 — зубчатые колеса; 8 — рычаг

только на время управления разъединителем, а в остальное время оно отключено благодаря тому, что реле KI не включено и, следовательно, его контакты разомкнуты. Для включения привода кнопочным выключателем SB1 вклю-

чают реле $K1$ (цепь 3-2), через контакты которого подается питание. После этого срабатывает контактор $KM1$ (цепь 3-4) и включает двигатель (цепь 7-6). Контакт самоблокируется по цепи 5-4 и будет включен до размыкания конечного выключателя $SQ1$.

Кнопочный выключатель SBI нажимают и тут же отпускают, но реле $K1$ продолжает получать питание по цепи 1-2 через контакт реле $K2$, катушка которого последовательно включена в цепь двигателя. (Пусковой ток двигателя велик и потому катушка реле $K2$ состоит из немногих витков толстой проволоки.) Когда привод заканчивает работу и $SQ1$ отключает $KM1$, двигатель отключается. Реле $K2$ лишается питания и отключает реле $K1$: питание в сырое помещение больше не подается.

Схема предельно проста и работает устойчиво на сотнях приводов, но на одном приводе почему-то отказывает. Отказ состоит в том, что в самом начале отключения разъединителя реле $K2$ отпускает, отключает реле $K1$ и лишает питания двигатель привода. Следовательно, разъединитель остается в опасном положении: нож едва касается губок. Проверено все. И схема правильно собрана, и аппаратура исправна. Как же разобратся?

Единственным сложным элементом этой схемы является двигатель. Но на схеме он показан менее подробно, чем все остальное. Действительно, у реле $K1$, $K2$ и контактора $KM1$ есть по одной катушке и контакты. И все это ясно видно на схеме. А у двигателя есть и якорь и две обмотки возбуждения: последовательная и параллельная, не показанные на схеме рис. 8.5,е. Не они ли портят все дело? Сделав такое предположение, естественно изобразить схему двигателя подробнее, что и сделано на рис. 8.5,г и д, причем в двух важных вариантах: 1) обе обмотки включены согласно, 2) обмотки включены навстречу. Эти подробности

подчеркиваются расположением точек, указывающих на рис. 8.5,г и д начала обмоток.

Теперь нужно подумать о том, как в процессе отключения разъединителя нагружается двигатель. Вначале привод неподвижен — значит, ток велик. Затем нож разъединителя начинает двигаться, но он еще сильно зажат губками, поэтому ток велик. Когда же нож выходит из губок, механическая нагрузка двигателя резко снижается и ток уменьшается. Прикинем с помощью небольшого подсчета характер изменения тока в катушке реле $K2$ при упомянутых выше изменениях тока двигателя. Нас интересует реле $K2$, так как именно оно неверно работает.

Пусть параллельная обмотка возбуждения имеет 2000 витков и при токе 0,4 А создает МДС $2000(+0,4) = 800$ А. При пуске через последовательную обмотку из 10 витков проходит ток 15 А, что при согласном включении дает $10(+15) = +150$ А, а при встречном $10 \times (-15) = -150$ А. В итоге поток возбуждения пропорционален: $800 + 150 = 950$ А при согласном и $800 - 150 = 650$ А при встречном включении.

Когда нож разъединителя выходит из губок, ток снижается до 3 А. При этом поток пропорционален: $800 + 10(+3) = 830$ А при согласном включении и $800 + 10(-3) = 770$ А при встречном.

Сравнивая значения величин, имевшие место при пуске и выходе ножа разъединителя, видим, что при согласном включении поток уменьшился ($950 > 830$ А), а при встречном увеличился ($650 < 770$ А). В этом и все дело. Действительно, частота вращения не может измениться сразу, а поток при встречном включении стал больше. Поэтому машина на какое-то время перешла в режим генератора, из-за чего ток в катушке реле $K2$ изменил направление. Когда ток проходил через

нуль, реле возвратилось (отпустило) и отключило $K1$. Характер изменения тока в катушке реле $K2$ показан на рис. 8.5,2 и д.

Таким образом, причина отказа одного из приводов состояла в том, что концы одной из обмоток возбуждения были перепутаны и поучился не тот двигатель, для которого была составлена схема.



Вывод 4

Нужно знать, что чтение и анализ схем неразрывно связаны. Чтобы проанализировать схему, нередко приходится прибегать к более подробным изображениям (например, показывать все обмотки, обозначать их начала и т. п.), строить диаграммы взаимодействия, подробно рассмотренные выше (см. § 5.2), выполнять прикидочные подсчеты и т. п. Подробно задачи анализа схем рассмотрены в § 8.3.

В схемах нередко встречаются элементы, назначение которых не совсем очевидно. И тогда их объявляют лишними.



Пример 8.7

На рис. 8.5,е показан диод $VD1$. При подробном рассмотрении действия схемы (см. пример 8.6) он ни разу не упоминался. Зачем же он?

Чтобы ответить на этот вопрос (и аналогичные вопросы о назначении того или иного элемента электроустановки), предположим сначала, что диода в схеме нет, но в этом случае кнопочным выключателем SBI нельзя включить реле $K1$, а пока оно не включено, не будет питания на двигателе. Значит, просто выбросить диод из схемы нельзя.

Попробуем заменить вентиль переключкой (красная волнистая линия). При этом

реле $K1$ будет включаться кнопочным выключателем SBI , но образуется ложная цепь 1-4, по которой контактор $KM1$, однажды включившись, уже не сможет отключиться. Значит, двигатель привода будет непрерывно работать, а разъединитель будет включаться и отключаться дважды за каждый оборот диска 4. Следовательно, диод служит для предотвращения ложной цепи 1-4 и выбрасывать его из схемы нельзя.

Пример 8.7 показывает, к каким опасным последствиям может привести исключение из схемы элементов, которые из-за непонимания их назначения принимают за лишние. В данном случае "лишний" диод служит для предотвращения ложной цепи. Однако есть и другие случаи, когда непонятные на первый взгляд резисторы, конденсаторы и другие элементы необходимы для создания определенных временных параметров. С такими случаями мы уже сталкивались в § 7.2 и 7.6.



Вывод 5

Нужно знать, что ни один элемент схемы нельзя считать лишним до тех пор, пока схема не подвергнута самому тщательному анализу.

Что нужно знать на память и чего запоминать не следует

Из приведенных выше примеров ясно, что заучивать схемы — занятие бесполезное. И вместе с тем, чтобы читать схемы, нужно кое-что знать на память совершенно так же, как нужно помнить таблицу умножения и формулы сокращенного умножения:

1) нужно помнить наиболее распространенные условные обозначения обмоток,

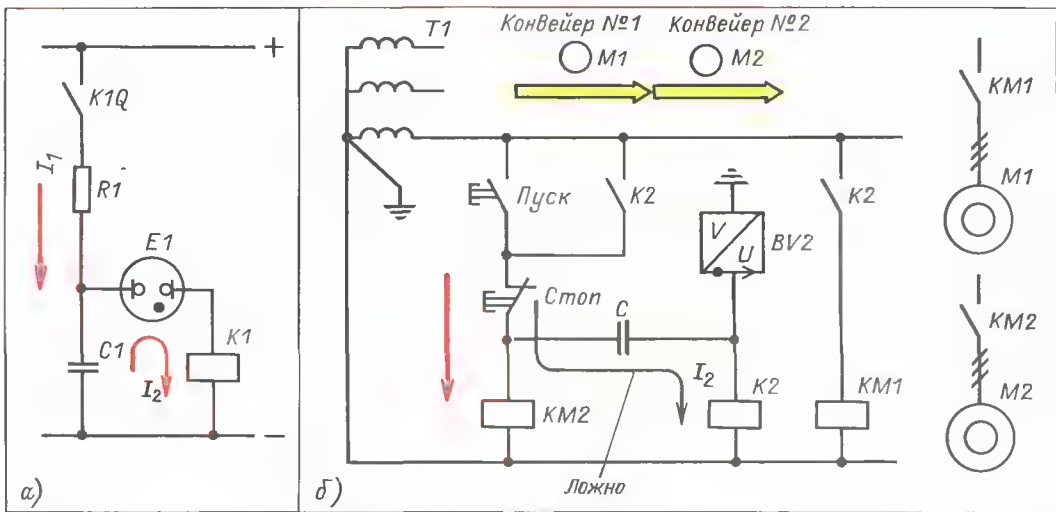


Рис. 8.6. Не хватает энергии для срабатывания реле $K1$ (а). К примеру 8.8. В реле $K2$ проникает "лишняя" энергия (б). К примеру 8.9

катушек, контактов, трансформаторов, двигателей, выпрямителей ламп и т. п.;

2) нужно помнить условные обозначения, применяемые в той области, с которой приходится преимущественно сталкиваться в силу профессии;

3) полезно помнить схемы наиболее распространенных узлов электроустановок, например схемы двигателей, выпрямителей, усилителей, схемы освещения лампами накаливания и газоразрядными лампами и т. п. (см. гл. 9);

4) нужно знать свойства последовательного и параллельного соединений контактов, катушек индуктивностей, емкостей, сопротивлений, видов соединений в звезду и треугольник. Эти свойства подробно рассмотрены в § 7.3.

8.2. Схемные решения не всегда реальны

Наладчики хорошо знают, что далеко не всегда могут быть осуществлены на деле

схемные решения, хотя они и не содержат явных ошибок. Иными словами, проектные схемы не всегда реальны. Поэтому одна из задач чтения схем состоит в том, чтобы проверить, могут ли быть выполнены заданные условия.

Сформулируем сначала основные причины нереальности схемных решений, а затем каждую из них проиллюстрируем простым типичным примером.

1. Не хватает энергии для срабатывания аппарата (см. пример 8.8).

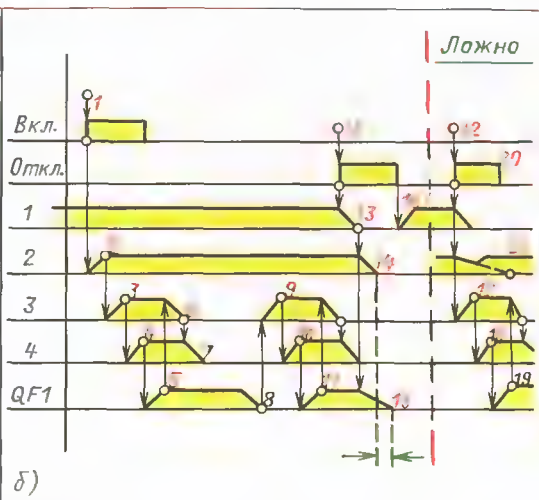
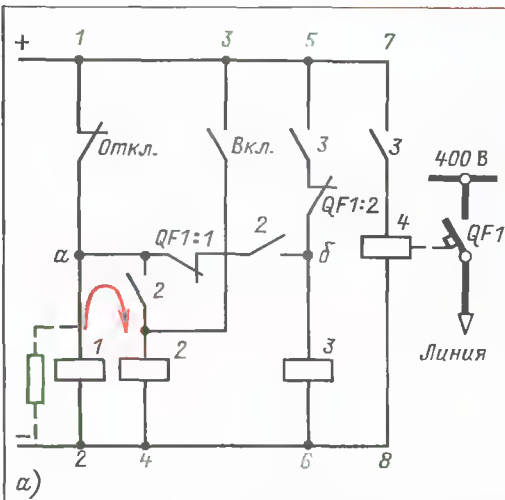
2. В схему проникает "лишняя" энергия вызывающая непредвиденное срабатывание (примеры 8.9 и 8.10).

3. Не хватает времени для совершения заданных действий (пример 8.10).

4. Аппаратам задана уставка, которая реально не может быть достигнута (примеры 8.11, 8.12 и 8.17).

5. Совместно применены аппараты, резко отличающиеся по своим свойствам (пример 8.13).

6. Не учтены коммутационная способность (пример 8.18), уровень изоляции аппаратов и проводки, не погашены коммутационные перенапряжения (см. § 6.1 и 7.6).



7. Не учтены условия, в которых электроустановка будет эксплуатироваться (примеры 8.14 и 8.18).

8. При проектировании электроустановки за основу принимается ее рабочее состояние, но не решается вопрос, как ее привести в это состояние и в каком состоянии она окажется, скажем, в результате кратковременного перерыва питания (пример 8.15). Именно необходимость анализировать схему с начала, а не с середины определяет требование стандарта, как правило, изображать схему в предположении, что питание на нее не подано. С этого начального состояния и надо строить диаграмму взаимодействия (см. § 5.2).

9. Недооценка важности системы электропитания: неправильно рассчитаны питающие провода (пример 8.16); звонок присоединен не к той магистрали, к которой следует его присоединить (см. пример 8.19).

Рис. 8.7. "Лишняя" энергия превращает быстродействующее реле в замедленное, из-за чего автоматический выключатель QF1 самопроизвольно выключается. К примеру 8.10. Кратковременный перерыв электропитания приводит к отказу АПР. К примеру 8.15

деляющееся сопротивлением резистора $R1$ и емкостью конденсатора $C1$ заряжает конденсатор до напряжения зажигания неоновой лампы $E1$. Лампа вспыхивает, образуется ток I_2 (подробнее см. пояснения к рис. 7.11): реле $K1$ должно сработать.

Схема правильна, но реле серий МКУ-48, РПУ-2 и т. п. не срабатывают (хотя лампа вспыхивает). Дело в том, что сопротивление лампы слишком велико, из-за чего в катушку реле поступает недостаточно энергии. Для этой схемы нужно значительно более чувствительное реле.



Пример 8.9

Пример 8.8

При замыкании контакта $K1Q$ (рис. 8.6, а) ток I_1 через некоторое время (опре-

Конвейеры № 1 и 2 (рис. 8.6, б) должны управляться следующим образом. Кнопочным выключателем Пуск включают магнитный пускатель $M2$ конвейера № 2

(красная стрелка). Когда он разовьет нормальную скорость и ЭДС датчика скорости $BV2$ достигнет напряжения срабатывания реле $K2$, последнее сработает и включит магнитный пускатель $KM1$ конвейера № 1. При снижении скорости конвейера № 2 реле $K2$ отключит оба конвейера.

Схема правильна. Но если цепи магнитных пускателей и реле $K2$ проходят в одном кабеле, то, как только будет замкнут выключатель *Пуск*, возникнет ток I_2 (через паразитную емкость C между жилами кабеля — зеленая стрелка) и реле $K2$ сработает независимо от скорости конвейера № 2. Таким образом, в данном случае в цепь поступает "лишняя" энергия. Следует заметить, что реле $K2$ на схеме 8.6,б — это повторитель весьма чувствительного реле (оно не показано, чтобы не отвлекаться от рассматриваемого вопроса).

Широкое внедрение в электроустановки аппаратов и приборов высокой чувствительности и весьма быстродействующих привело к серьезным осложнениям, так как *уровень помех стал соизмерим с рабочими параметрами*. Этот очень важный и сложный вопрос подробно рассмотрен в гл. 10.



Пример 8.10

На рис. 8.7,а показана часть схемы управления автоматическим выключателем $QF1$ (с удерживающим электромагнитом I), защищающим силовую линию. Схема должна работать следующим образом.

В к л ю ч е н и е $QF1$. Кнопчным выключателем *Вкл.* включают реле 2 [цепь 3-4, точки 1 и 2 на диаграмме (рис. 8.7,б)]. Реле 2 по цепи 1-6 включает контактор 3 (точка 3) и, кроме того, самоблокируется (цепь 1-4). Контактор 3, включившись, самоблокируется по цепи 5-6 и включает $QF1$ с помощью включающего электромагнита 4 (цепь 7-8, точки 4 и 5). При включе-

нии $QF1$ его вспомогательные контакты $QF1:1$ и $QF1:2$ в цепях 1-6 и 5-6 размыкаются, в результате чего контактор 3 отключается (точка 6) и отключает включающий электромагнит 4 (точка 7). Автоматический выключатель $QF1$ удерживается во включенном положении электромагнитом I .

Автоматическое отключение и АПВ. При автоматическом отключении контакт $QF1:1$ замыкает цепь 1-6 (точка 8), контактор 3 срабатывает (точка 9) и с помощью включающего электромагнита 4 повторно включает $QF1$ (точки 10 и 11).

Преднамеренное отключение $QF1$. Для этого нажимают кнопочный выключатель *Откл.* (точка 12), т. е. одновременно размыкают цепи 1-2 (электромагнит 1 отпускает — точка 13 и отключает $QF1$) и 1-4 и полагают, что раньше отпустит быстродействующее реле 2 (точка 14), а затем отключится автоматический выключатель $QF1$: на диаграмме ясно видно, что точка 14 лежит левее точки 15. Благодаря такой последовательности переключений, на участке а-б между цепями 1-2 и 5-6 образуется разрыв. А это значит, что после того как выключатель *Откл.* отпустят (в результате чего его контакт вновь замкнется), цепь удерживающего электромагнита 1 вновь замыкается (точка 16), что необходимо для последующего включения $QF1$, а цепь включающего электромагнита 3 останется разомкнутой, так как в ней есть уже разомкнувшийся контакт $K2$. Следовательно, $QF1$ останется отключенным, что и требуется.

На деле, однако, выходит не так, а именно: контактор 3 срабатывает (точка 17) и включает $QF1$ (точки 18 и 19).

Причина этого явления состоит в том, что при размыкании цепи 1-2 энергия, запасенная электромагнитом 1, находит выход в катушку реле 2 (см. стрелку) и оно из быстродействующего превращается в замедленное. Значит, если выключатель *Откл.* нажат недостаточно долго, т. е. если время

12–20 меньше времени 12–21, в течение которого реле 2 может возвратиться в исходное положение (отпустить), оно останется включенным, а контактор 3 ложно включится (точка 17) и вновь включит QF1 (точки 18 и 19).

Итак, в данном случае не хватило времени для отключения. Часто не хватает времени для включения. Его почти наверное не хватит и в данной схеме, так как вспомогательный контакт QF1:2 в цепи 5-6 отключит контактор 3 раньше, чем завершится включение. Значит, далеко не всякий вспомогательный контакт годится для этой цели. Вот и выходит, что такая, казалось бы, пустяковая схема на самом деле довольно сложна. Поняв, однако, в результате анализа, в чем состоит причина неустойчивой работы, легко ее устранить простыми средствами. Например, параллельно электромагниту 1 присоединить разрядный резистор (зеленые штриховые линии) или вместо резистора встречный диод, т. е. дать выход энергии, минуя катушку реле 2.

 Пример 8.11

Устройство кондиционирования воздуха по данным проекта гарантирует точность регулирования температуры $\pm 1^\circ\text{C}$, что совершенно нереально, так как в качестве датчика температуры применено реле, которое может быть настроено с точностью $\pm 5^\circ\text{C}$.

 Пример 8.12

Для контроля уровня руды, угля и электропроводящих жидкостей успешно применяется реле контроля сопротивления. Когда руда (жидкость, уголь) касается электрода, опущенного в бункер (резер-

вуар), замыкается цепь чувствительного реле и оно срабатывает. Этот же способ контроля был применен в бункерах, где хранится цемент, песок, щебень и аналогичные практически неэлектропроводные материалы. Из-за того что ток оказался ничтожно малым, ничего не получилось: реле не срабатывало. Тогда чувствительность прибора была повышена до 25 МОм. Однако при такой чувствительности решающую роль стала играть утечка, от которой в данном случае не может надежно защитить даже охранный кольцо.

 Пример 8.13

Если речь идет о совместном применении контакторов (действует медленно) и полупроводниковых приборов (безынерционные) или других разнотипных изделий, то необходимость согласования времен очевидна. Но есть случаи, когда строжайшим образом нужно согласовать параметры совместно действующих однотипных приборов. Например, при последовательно-параллельном соединении кремниевых диодов нужно принимать меры против недопустимого перераспределения токов между параллельно соединенными диодами (для предотвращения перегрева) и обратных напряжений между последовательно соединенными диодами (опасен пробой, явление необратимое). Поэтому силовые кремниевые выпрямители (если в каждом плече более одного вентиля) "обрастают" конденсаторами и резисторами, причем их параметры отнюдь не безразличны.

 Пример 8.14

В телефонии, автоматике и телемеханике широко применяются реле с электромагнитным замедлением (подробнее о их свой-

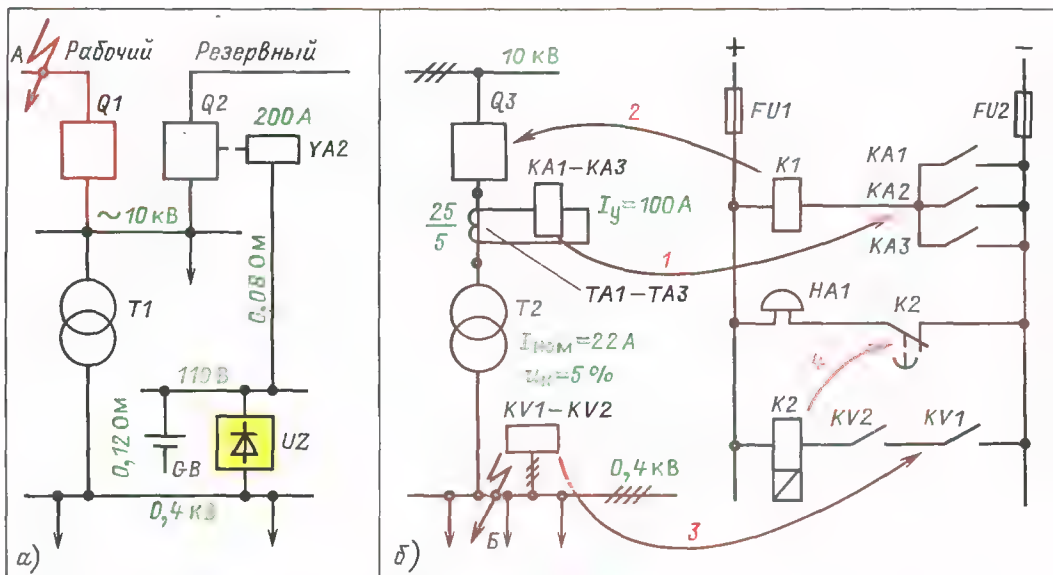


Рис. 8.8. Электропитание оперативных цепей не рассчитано на аварийный режим. К примеру 8.16. Аппаратам защиты задана недостижимая уставка. К примеру 8.17. Повреждения контактов из-за их применения без учета допустимых условий эксплуатации. К примеру 8.18. Потеря сигнала о неисправности из-за присоединения звонка к магистрали, об отсутствии напряжения на которой он должен сигнализировать. К примеру 8.19

ствах рассказано в § 7.2, рис. 7.13). Оно достигается за счет вихревых токов, которые возникают в медной гильзе (втулке, наборе шайб) при размыкании цепи катушки. Такие реле не могут устойчиво работать при резких колебаниях температуры, так как сопротивление гильзы в жаркую и холодную погоду неодинаково.



Пример 8.15

При кратковременном перерыве электропитания даже на доли секунды реле 2 (рис. 8.7,а) отпустит и более включиться не сможет, поэтому откажет АПВ.



Пример 8.16

Для рассмотрения этого примера воспользуемся рис. 8.8,а, где в упрощенном виде показана схема подстанции, питающейся по рабочему вводу 10 кВ и питающей шины 0,4 кВ через трансформатор Т1. При КЗ в точке А (красная стрелка) подстанция лишается питания. Автоматика должна, по идее составителя схемы, сперва отключить выключатель Q1 поврежденного ввода — это получится, а затем включить выключатель Q2 резервного ввода. Но он не включится, так как система электропитания оперативных цепей не рассчитана на этот наиболее тяжелый и важный аварийный режим.

Действительно, при исчезновении напряжения по вводу перестает работать выпрямительное устройство UZ и напряжение аккумуляторной батареи GB со 113 сразу снизится до 106 В (в работе 53 элемента). При попытке включить выключатель Q2 падение напряжения от батареи до шин

оперативного тока и от шин до включающего электромагнита $YA2$ его привода, потребляющего 200 А, составит 40 В $[(0,12 + 0,08)200 = 40]$. Следовательно, на зажимах привода остается явно недостаточное напряжение $106 - 40 = 66$ В, а нужно согласно гарантии завода-изготовителя не менее 93 В.



Пример 8.17

На рис. 8.8,б приведена выборка из схемы подстанции, на которой изображены: шины 10 кВ, выключатель $Q3$, силовой трансформатор $T2$, шины 0,4 кВ, реле напряжения $KV1$ и $KV2$. К трансформаторам тока $TA1-TA3$ (показан один из них) присоединены катушки токовых реле $KA1-KA3$.

Номинальный ток трансформатора $T2$ на стороне ВН $I_{ном} = 22$ А, коэффициент трансформации трансформатора тока 25/5, уставка токовых реле $I_y = 100$ А. Токовые реле, срабатывая, должны включить промежуточное реле $K1$ — красная стрелка 1, которое, в свою очередь, отключает $Q3$ — красная стрелка 2.

Однако токовые реле при КЗ в точке B сработать не могут. Дело в том, что при напряжении короткого замыкания $u_K = 5\%$ трансформатора $T2$, ток КЗ не может более чем в 20 раз $(100\%:5\%)$ превысить номинальный ток трансформатора. В нашем примере ток КЗ $22 \cdot 20 = 440$ А, что соответствует току в катушке реле $440:5 = 88$ А, где 5 — коэффициент трансформации трансформатора тока.



Пример 8.18

На рис. 8.8,б показаны реле контроля наличия напряжения $KV1$ и $KV2$ на шинах 0,4 кВ (изображено одно реле). В нормаль-

ном режиме их якоря притянуты, промежуточное реле $K2$ включено — красная стрелка 3, цепь звонка $HA1$ — красная стрелка 4 — разомкнута.

При снижении напряжения до значения уставки реле напряжения (например, до 80% номинального напряжения) цепь рел $K2$ размыкается, оно с замедлением возвращается (отпускает) и включает звонок $HA1$. Замедление нужно, чтобы предотвратить включения звонка при кратковременных снижениях напряжения.

Для контроля напряжения применены **з а щ и т н ы е** реле. Это верно, так как именно таким реле легко, не нарушая регулировки, задать необходимую уставку. Реле $K2$ имеет электромагнитное замедление и это верно: реле с электромагнитным замедлением самые простые и надежные, но катушки некоторых из них (например, катушки реле управления) требуют относительно большого тока, что крайне неблагоприятно для контактов защитных реле напряжения **п е р е м е н н о г о т о к а**. Дело в том, что якоря таких реле **в и б р и р у ю т**, из-за чего их контакты, через которые проходит ток, искрят. Искрение, длящееся сотни часов, приводит иногда к тому, что, когда напряжение на шинах действительно понизится, реле напряжения не сможет разомкнуть контакт, так как он из-за длительного искрения спекся.



Пример 8.19

Допустим, что в схеме на рис. 8.8,б контакты в порядке и уставка токовым реле $KA1-KA3$ задана правильно (а не так, как сделано в примере 8.17). Произошло КЗ в точке B (красная стрелка), но защита не отключила выключатель $Q3$, так как на шинах оперативного тока не оказалось напряжения из-за того, что ког-

да-то перегорел предохранитель *FU1* (*FU2*) (или же персоналом была допущена ошибка). Но это осталось незамеченным, так как звонок *HA1* не звонил. А не звонил он потому, что его присоединили к тем самым шинам, об исчезновении напряжения на которых он должен сигнализировать, — ошибка, к сожалению, распространенная.

Обратите внимание: приведенные выше примеры, если судить по числу входящих в схемы элементов, очень просты. А на самом деле они сложны и ответственны. Эта "арифметическая простота", как правило, и подводит. Читатели будут иметь возможность в дальнейшем неоднократно убедиться в ее "коварстве".

8.3. Анализ схем и его задачи

Принципиальные схемы, составленные по условиям действия, корректируют, исходя из возможностей и особенностей выбранной аппаратуры, условий эксплуатации, монтажных и других соображений. Наконец, при перечерчивании схем, уточнении позиционных обозначений и обозначений участков цепей могут вкратиться ошибки. Следовательно, схему нужно проверить или, как иногда говорят, проанализировать, чтобы обнаружить и устранить недостатки.

Анализ схем — дело сложное, кропотливое, требующее большого внимания и аккуратности.

Изложение в этом параграфе построено следующим образом. Сначала рассмотрена вспомогательная схема (рис. 8.9), на которую мы будем ссылаться, чтобы иллюстрировать результаты анализа. Затем сформулированы основные задачи анализа, т. е. составлена своеобразная программа действий. Далее рассказано о требованиях, которые *нельзя предъявлять* к схемам, и, наконец, перечислены неполадки, которые *должны считаться вероятными*, т. е. такие неполадки, последствия которых необходимо оценивать при анализе схем.

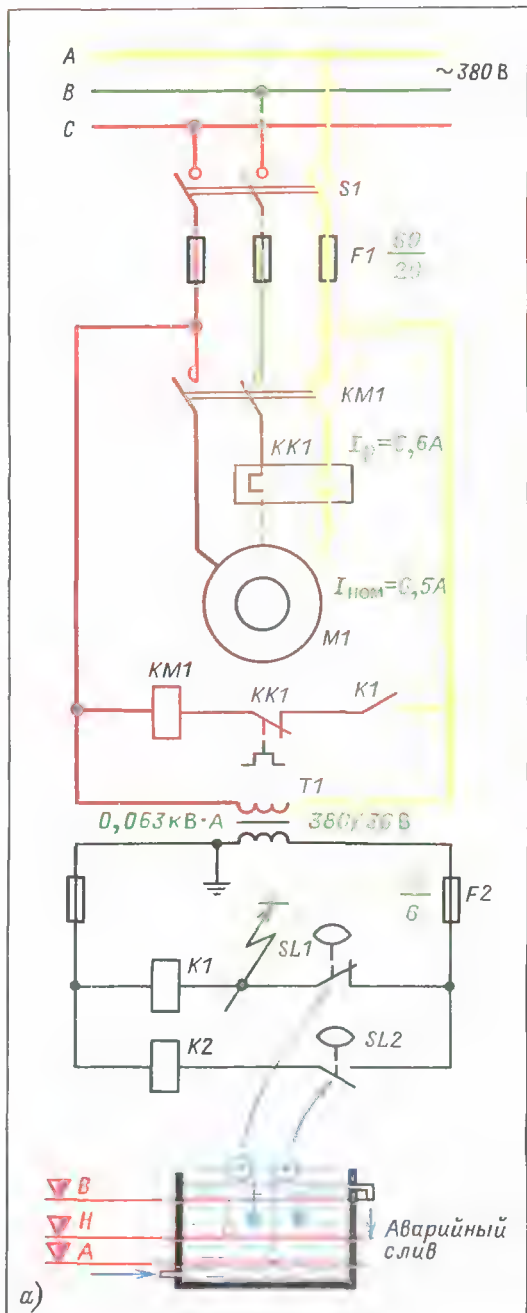
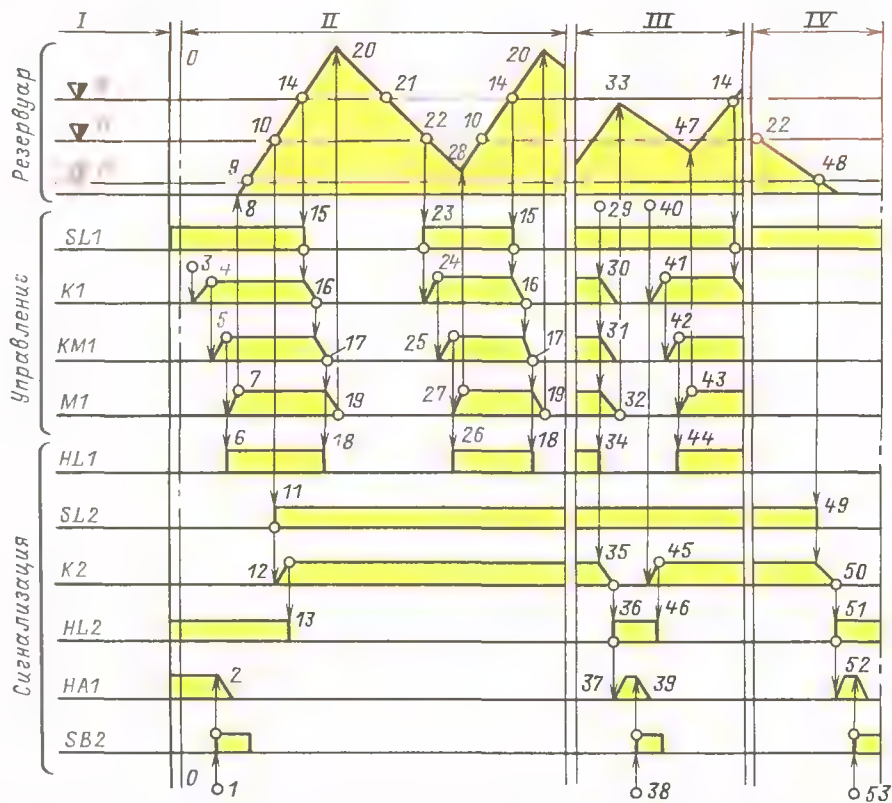
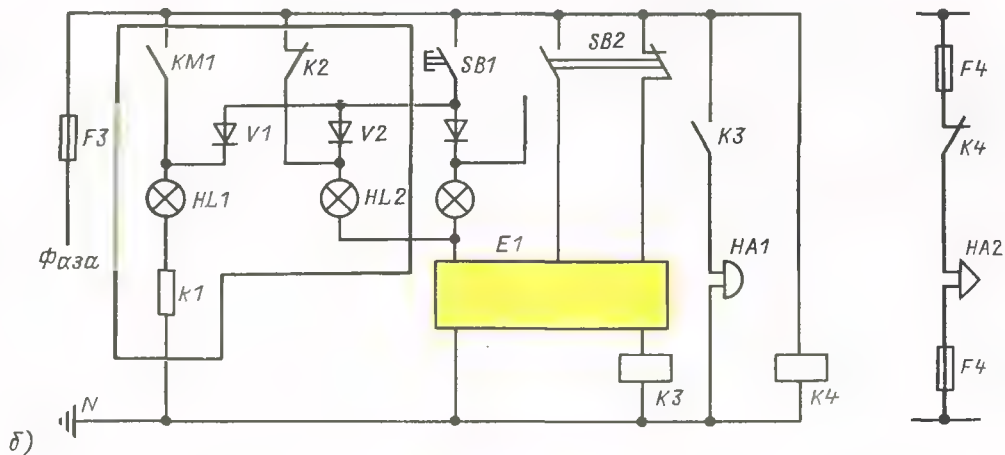


Рис. 8.9. Автоматическое управление насосом.



Вспомогательная схема, иллюстрирующая приемы анализа схем и их результаты. К примеру 8.20

Подчеркнем, что все изложенное в этой главе не распространяется на специальные электроустановки, схемы вычислительной техники, сложной автоматики и т. п.

Вспомогательная схема автоматического управления насосом, заполняющим водой резервуар. На рис. 8.9,а снизу дан эскиз резервуара и обозначены уровни:

B — верхний (двигатель насоса должен отключаться);

H — нижний (двигатель должен включаться);

A — аварийный: должны включаться световой и звуковой сигналы. Звуковой сигнал деблокируют, а лампа горит до восстановления нормального режима.

На рис. 8.9,а сверху приведена схема управления двигателем насоса. На схеме: *S1* — рубильник; *F1* — предохранители. Номинальные токи: предохранителя (числитель) 60 А, а плавкой вставки (знаменатель) 20 А; *KM1* — магнитный пускатель; *KK1* — двухэлементное электротепловое реле. Номинальный ток нагревательных элементов 6,3 А, уставка расцепителя $I_p = 6,6$ А; *M1* — двигатель. Номинальный ток двигателя 6,5 А; *T1* — трансформатор мощностью 0,063 кВ·А, понижающий напряжение до 36 В (по новым ПУЭ 42 В); *F2* — предохранитель цепей 36 В. Номинальный ток плавкой вставки 6 А; *K1* — промежуточное реле, управляемое контактом *SL1* поплавкового реле нормального уровня; *K2* — то же, управляемое контактом *SL2* поплавкового реле аварийного уровня.

Особенности настройки контактов поплавковых реле рассмотрены в гл. 5 на рис. 5.10, к которому читателям рекомендуется еще раз обратиться.

На рис. 8.9,б показана схема существующей сигнализации, к которой присоединены лампы *HL1* "насос включен" и *HL2* — "аварийный уровень". Новые элементы (контакты *KM1* и *K2*, лампы *HL1* и *HL2*, резистор *R1*, диоды *V1* и *V2*) заключены в зеленый контур. В существующей

схеме: *E1* — реле импульсной сигнализации (принцип действия которого рассмотрен в гл. 9 на рис. 9.13); *SB1* — кнопочный выключатель для проверки исправности сигнальных ламп; *SB2* — кнопочный выключатель деблокировки звонка *HA1* через промежуточное реле *K3*. Реле *K4* контролирует наличие напряжения в цепях сигнализации. При исчезновении напряжения оно включает сирену *HA2*.

На рис. 8.9,в изображена диаграмма взаимодействия элементов схемы для четырех режимов: *I* — исходное положение — цепи управления отключены рубильником *S1*, но на цепи сигнализации питание подано; *II* — первое включение и автоматическое регулирование уровня в заданных пределах (от уровня *B* до уровня *H*, от уровня *H* до уровня *B* и т. д.); *III* — кратковременный перерыв питания цепей управления; *IV* — аварийное снижение уровня. Читателям рекомендуется с целью упражнения в построении диаграмм взаимодействия самостоятельно построить и описать диаграмму, а затем, сличив ее с рис. 8.9,в, проверить себя.

Итак, исходное положение: резервуар пуст; рубильник *S1* отключен; на схему сигнализации питание подано; контакты поплавковых реле: *SL1* замкнут, *SL2* разомкнут; якоря реле *K1*, *K2* и магнитного пускателя *KM1* отпущены; двигатель *M1* не работает; лампа *HL1* не горит, лампа *HL2* горит; звонок *HA1* звонит; кнопочный выключатель *SB2* не нажат. Исходному положению соответствует диаграмма левее линии 0-0.

Нажимаем *SB2* (точка 1), чтобы отключить звонок *HA1* (2). Включаем *S1* (3), подавая этим действием питание на цепи двигателя и управления. Срабатывает реле *K1* (4), включает магнитный пускатель *KM1* (5), двигатель начинает работать (7): уровень воды в резервуаре начинает повышаться (8). Вспомогательный контакт *KM1* включает лампу *HL1* (6).

Уровень, повышаясь, достигает отметки *A* (9), но при этом ничего не изменяется, так как контакты *SL1* и *SL2* реле уровня не переключаются. На отметке *H* (10) замыкается контакт *SL2* (11), срабатывает реле *K2* (12) и отключает лампу *HL2* (13), так как уровень в баке повысился до нормального. На отметке *B* (14) контакт *SL1* размыкается (15), отключает реле *K1* (16), отпускает *KM1* (17), двигатель останавливается (19): повышение уровня прекращается (20). Вспомогательный контакт *KM1* размыкается и отключает лампу *HL1* (18).

Насос не работает, но водоразбор продолжается, поэтому уровень начинает снижаться. На отметке *B* (21) ничего не изменяется. На отметке *H* (22) переключается контакт *SL1* (23), срабатывает *K1* (24), включаются *KM1* (25), лампа *HL1* (26). двигатель *M1* (27): уровень начинает повышаться (28), так и не снизившись до аварийного значения, т. е. до отметки *A*. Далее все повторяется в той же последовательности, поэтому нумерация точек 14–20 повторена.

Рассмотрим, что происходит при кратковременном нарушении питания.

Первый случай — насос работал, напряжение снималось, но так кратковременно, что уровень, снижаясь, не достиг отметки *A*, чему соответствует участок диаграммы между точками 29 и 40. Напряжение снято (29), отпустили *K1* (30), *KM1* (31) и *K2* (35), насос остановился (32), погасла лампа *HL1* (34), включились лампа *HL2* (36) и звонок *HA1* (37), заполнение резервуара прекратилось (33). Звонок отключили (39) выключателем *SB2* (38).

Спустя некоторое время напряжение вновь подано (40). Включились *K1* (41), *KM1* (42), двигатель насоса (43), лампа *HL1* (44) и реле *K2* (45), погасла лампа *HL2* (46). Снова началось заполнение резервуара (47).

Второй случай. Те же условия, но питание подано спустя время, за которое резервуар успел опорожниться. Неисправность не останется незамеченной, так как при исчезновении питания тотчас же включаются аварийная лампа *HL2* и звонок *HA1*. Лампа будет гореть, пока при последующем включении насоса уровень не достигнет отметки *H* (что соответствует левой части диаграммы от ее начала до точки 13).

Третий случай. Бак опорожняется, а в это время снято напряжение с шин *A*, *B*, *C*. До тех пор, пока уровень не снизится до отметки *A*, ничего не изменится. На отметке *H* замкнется контакт реле уровня *SL1*, но и это ничего не изменит, так как схема лишена питания. Однако неисправность будет замечена благодаря тому, что якорь реле *K2*, лишившегося питания, отпустил, реле *K2* включило лампу *HL2* и через реле *E1* и *K3* — звонок. Этот случай на диаграмме не показан.

Четвертый случай. Допустим, наконец, что питания лишилась схема сигнализации (рис. 8.9,б). При этом отпустит якорь реле *K4* и уже от другой, исправной, магистрали, включит сирену *HA2*.

Пятый случай. Уровень, понижаясь, достиг отметки *A* (22). Это может быть по ряду причин: нарушено питание, не включилось реле *K1*, не включился магнитный пускатель *KM1*, из-за перегрузки двигателя сработало тепловое реле *KK1*, плохо работает насос и т. д. В любом случае уровень снижается. На отметке *A* (48) размыкается контакт *SL2* реле аварийного уровня (49), отключает реле *K2* (50), которое включает аварийную лампу *HL2* (51) и звонок *HA1* (52). Звонок отключают кнопочным выключателем *SB2* (53).

Теперь настало время сформулировать задачи анализа схем и, обратившись к рассмотренной выше схеме, ответить, решаются ли они этой схемой.

Основные задачи анализа схем

Основные задачи анализа схем в общем случае сводятся к тому, чтобы проверить:

1. *Выполняются ли заданные условия действия?* Выполняются: уровень автоматически поддерживается в заданных пределах (см. на диаграмме участок II).

2. *Начнет ли схема правильно работать при первом включении электропитания?* Начнет [см. на диаграмме участок от точки 3 (питание включено) до точки 8 — начало работы насоса].

3. *Как поведет себя схема при перерыве питания и сможет ли после его восстановления правильно продолжать работу?* При перерыве питания (точка 29) насос останавливается (32), а при восстановлении питания (40) насос продолжает работать (43). Схема обеспечивает самозапуск, который в данном случае необходим. Схемы с самозапуском применяют обычно в устройствах вентиляции, кондиционирования, одним словом, когда необходимо поддерживать определенный режим. Однако в ряде случаев, например при управлении конвейерами, самозапуск не допустим (пример дан на рис. 4.10).

4. *Обеспечивается ли возникновение сигнала, обращающего внимание персонала на потерю схемой работоспособности как из-за неисправности технологического оборудования, так и при неполадках в самой схеме?* При потере схемой работоспособности по любой причине включаются аварийные сигналы: лампа, звонок или сирена (точки 35–37 или 51–52).

5. *Правильно ли выбрано и секционировано питание?* Правильно. Контролирующие элементы получают питание независимо от контролируемых, а именно: цепи управления, сигнализации, а также контроль напряжения в цепях сигнальных ламп и звонка питаются независимо друг от друга. Неправильное

питание цепей рассмотрено в примере 8.19.

6. *Может ли данная схема работать совместно с остальными электрическими устройствами?* Может. Она присоединена к существующему щиту 380 В и к схеме сигнализации по той же системе, которая принята на данном предприятии.

7. *Обеспечивается ли защита от токов КЗ?* Обеспечивается. Цепи 380 В защищены предохранителями *F1* с вставками на 20 А. Эти вставки защищают провода сечением не менее 2,5 мм² (алюминий), допускающие длительный ток более 20 А. Обеспечивается защита от токов КЗ нагревательных элементов электротеплового реле *KK1* благодаря тому, что выдержано условие: $20:6,5 < 3$ (подробнее см. § 7.5). Цепи 36 В защищают предохранители *F2*. Они необходимы, так как предохранители *F1* в цепи 380 В защищать цепи 36 В не могут — ток мал.

8. *Обеспечивается ли защита от перегрузки?* Обеспечивается с помощью двухэлементного электротеплового реле *KK1*. Защищать от перегрузки надо только двигатель (в других цепях схемы на рис. 8.9 перегрузки быть не может). При недопустимо большой механической нагрузке на вал двигателя чрезмерный ток пройдет через нагревательные элементы обеих фаз. При перегорании предохранителя в одной из трех фаз либо частота вращения снизится, либо двигатель остановится. Но в обоих случаях чрезмерный ток пройдет хотя бы через один нагревательный элемент.

9. *Как поведет себя схема при перегорании предохранителей?* При перегорании предохранителей работа схемы конечно нарушится, однако ничего опасного не произойдет. Включатся аварийные сигналы — лампа, звонок или сирена, благодаря чему неполадка будет замечена. Рассмотрим подробнее.

Если перегорят любые два или три предохранителя *F1*, то двигатель остановится.

При этом если перегорели предохранители в фазах *A* и *C*, то реле *K2*, лишившись питания, отпустит и включит аварийные сигналы. Если перегорит один предохранитель в фазе *B*, то возникнет перегрузка, сработает реле *KK1* и отключит двигатель. А когда после его отключения уровень снизится до отметки *A*, включатся аварийные сигналы.

При перегорании одного предохранителя в фазе *A* или *C* возможны два случая. Либо в цепях управления напряжение настолько понизится, что реле *K2* отпустит и включит аварийные сигналы, либо сработавшие ранее *K1*, *K2*, *KM1* не отпустят, так как их катушки будут получать питание через обмотки фаз двигателя от исправных фаз. Тогда возникнет перегрузка, сработает реле *KK1* и отключит двигатель. Через некоторое время уровень снизится до отметки *A*: при этом включатся аварийные сигналы.

Если перегорит предохранитель *F2* (один или два, безразлично), реле *K2*, лишившись питания, отпустит и включит аварийные сигналы.

Если перегорит предохранитель *F3*, схема сигнализации работать не сможет, но отпустит реле *K4* и включит сирену.

Обратите внимание на то, как подробно рассматривались последствия повреждения, но не вообще, а конкретно: поочередно предполагалось перегорание каждого предохранителя. Именно так, не пропуская ни одного элемента, ни одной цепи, и следует поступать всегда. Затраченное на это время себя оправдывает.

10. Не повлечет ли за собой заземление (нарушение изоляции относительно заземленных конструкций) опасных последствий? Нарушение изоляции относительно земли не приведет к опасным последствиям. Чтобы в этом убедиться, предположим поочередные нарушения изоляции (одно из них показано зеленой стрелкой) и оценим его последствия. Если контакт *SL1* в момент заземления замкнут,

произойдет КЗ и правый предохранитель *F2* перегорит: реле *K2* отпустит и включит аварийный сигнал. Заметим попутно, что к заземленному выводу трансформатора нужно присоединять катушки, но ни в коем случае нельзя присоединять контакты, так как в этом случае при заземлении может произойти не отказ, а самовключение, что гораздо опаснее.

Заземление любого провода, питающегося от фазы *A*, *B* или *C*, приведет к перегоранию соответствующего предохранителя *F1*, так как в сетях 380/220 В нейтраль заземлена.

Заземление проводов, присоединенных к предохранителю *F3*, приведет к его перегоранию, отпуску реле *K4* и включению сирены *HA2*.

11. Нет ли ложных цепей, т. е. таких цепей, которые возникают помимо нашей воли? Ложных цепей нет. Чтобы в этом убедиться, нужно проследить каждую цепь и проверить, не попадает ли ток в какой-либо "чужой" электроприемник. Например, при замыкании контакта *K2* в цепи сигнализации должна включаться только одна лампа *HL2*, остальные лампы гореть не должны. Они и не горят благодаря тому, что цепи ламп разделены диодами *V1*, *V2*. Более подробно этот вопрос рассмотрен выше (см. рис. 7.4, д).

12. Обеспечивается ли безопасность обслуживающего персонала? Обеспечивается: а) присоединением контактов реле уровня, установленных на металлическом или железобетонном резервуаре, через понижающий трансформатор *T1*; б) заземлением одного из выводов вторичной обмотки понижающего трансформатора; в) питанием катушки магнитного пускателя от двух фаз, а не от фазы и нейтрали. Этот сложный вопрос, относящийся непосредственно к безопасности, рассмотрен в примере 8.25.

13. Обеспечивается ли сохранность оборудования и проводов, т. е. защищены ли они от перегрева, пробоя изоляции, вред-

ного влияния среды? Обеспечивается. Во-первых, все изделия, из которых собрана схема, тщательно выбраны с учетом условий монтажа и эксплуатации. Этот вопрос в данном примере не рассмотрен, но читатели могут познакомиться с особенностями условий работы электрооборудования в § 6.3 и 6.4. Во-вторых, выполнена защита от токов КЗ, а двигатель, кроме того, защищен от перегрузки.

14. Нет ли в схеме таких элементов, неисправность которых не может быть своевременно обнаружена в процессе ее работы? Если такие элементы есть, то предусмотрены ли средства для их периодической проверки? Такими элементами являются: лампы *HL1*, *HL2*, звонок *HA1*, сирена *HA2*, реле *K3*, *K4*, кнопочные выключатели *SB1* и *SB2*. Если кнопочным выключателем *SB1* удастся включить лампы и звонок, значит, *HL1*, *HL2*, *HA1*, *K3* и *SB1* исправны. Если кнопочным выключателем *SB2* удастся отключить звонок, значит, исправен *SB2*. Проверить исправность контакта реле *K2* в цепи лампы *HL2* можно, например, на 2–3 с отключив рубильник *S1* (конечно, в то время, когда двигатель не работает): реле *K2* отпустит и включит лампу и звонок. Реле *K4* и сирену *HA2* можно проверить, сняв на мгновение питание с цепей сигнализации.

15. Верно ли выбран режим работы электрооборудования, проводов и кабелей? Например, если двигатель в нашем примере выбран для режима *S3* повторно-кратковременной нагрузки с ПВ 60%, то это, видимо, верно (о режимах работы двигателей см. § 6.3, рис. 6.3).

16. Правильно ли согласованы времена совместно действующих аппаратов? Согласования времен действия аппаратов в нашем примере не требуется: схема очень простая, заполнение и опорожнение резервуара протекают медленно, и нет таких аппаратов, которые могут не успеть сработать или отпустить. Согласование требуется

в приведенном выше примере 8.10, но оно выполнено неправильно.

Критерии для анализа схем

Чтобы анализировать, нужно располагать определенными критериями, дифференцировать электроустановки по предъявляемым к ним требованиям, учитывать условия, в которых они будут работать. Одним словом, оценивать схемы нужно с конкретных позиций, а не вообще.

Следует принимать во внимание, например:

1) способ обслуживания. Так, для подстанций без дежурного персонала деблокировка защиты требует аппаратуры, управляемой дистанционно, например с помощью телемеханики. На подстанциях с дежурным персоналом достаточно иметь для этой цели кнопочный выключатель;

2) квалификацию обслуживающего персонала. Чем квалифицированнее персонал, тем проще может быть схема, так как можно обусловить строгий порядок обслуживания. Если нельзя рассчитывать на соблюдение персоналом установленного порядка, то схему приходится усложнять;

3) категорию электроустановки по надежности электроснабжения, установленную ПУЭ (см. § 6.1).

Нельзя во всем сомневаться. Сомнения в надежности всех элементов приведут к нагромождению защит, блокировок, предупреждающих сигналов и т. п., которые до того усложнят схему, что она, вместо того чтобы действовать, сама станет источником неполадок.

Отправными пунктами при составлении и оценке схем являются: данные заводов-изготовителей электротехнических изделий, результаты специально предпринятых испытаний и в конечном итоге опыт эксплуатации.

Гарантии. При квалифицированном проектировании, полноценном монтаже и наладке, профилактических осмотрах и ре-

монтах и испытаниях силами достаточно хорошо обученного персонала (все это является требованиями ПУЭ) могут быть, например, гарантированы:

1. Включение и отключение выключателей, контакторов, реле при повышенном и пониженном напряжении U оперативного тока в интервале, обусловленном ГОСТ, например, для некоторых изделий от $1,1$ до $0,85U$. При напряжении ниже $0,85U$ аппарат может "недотянуть"; при напряжении более $1,1U$ возможны удары, из-за которых не сработает защелка привода и т. п. При повышенном напряжении сокращается срок службы. Одним словом, более жесткие требования предъявлять нельзя.

2. Электрическая прочность и сопротивление изоляции проводов и кабелей, исключющие в пределах электропомещений замыкания между соседними проводниками.

3. Надежные соединения (пайка, сварка, сжим и т. п.), исключющие разрывы цепей.

4. Механическая прочность креплений электрооборудования и его деталей, тяг к вспомогательным контактам и т. п.

5. Отсутствие ржавчины на пружинах, шплинтах, магнитпроводах, залипания якорей, сердечников, недопустимого застывания смазки и других причин, препятствующих безусловному и быстрому возврату механической части аппаратов в исходное положение.

6. Безусловное размыкание цепей контактами при их переключении, безусловное отпирание и запираание цепей с бесконтактными переключающими устройствами.

Если хотя бы одна из перечисленных гарантий отсутствует, то нельзя рассчитывать на правильную работу схемы.

В то же время опыт показывает, что должны считаться возможными:

1) незамыкание контакта (например, разомкнутый контакт может загрязниться);

2) нарушение изоляции между проводами, выходящими за пределы электростанций и подстанций (см. пример 8.22);

3) одновременное возникновение, как правило, одной причины повреждения, но со всеми вытекающими из нее последствиями. Например, неисправности катушки одного реле или ее цепи нарушают работу всех цепей, в которые входят его контакты.

В отдельных, особых, случаях рассматривают и другие вероятные нарушения.

8.4. Сравнение схем

Одной из задач чтения схем является их сравнение. Дело в том, что промышленность выпускает различную аппаратуру, с помощью которой можно решать сходные задачи. Проектируют электроустановки многие организации и решают они одни и те же задачи различными способами. Из-за затруднений с получением нужного прибора его заменяют другим, сходного назначения. Новую электроустановку присоединяют к действующей. Используют имеющиеся источники питания. Одним словом, есть достаточно причин, вынуждающих сравнивать схемы, чтобы от неудовлетворительных вариантов сразу отказаться, удачные — принять, а не совсем удачные своевременно скорректировать. Рассмотрим три примера.



Пример 8.20

На рис. 8.9 дана схема автоматического управления насосом с помощью поплавковых реле. Но эту же задачу легко решить путем погружения на заданную глубину электродов, присоединив их к стандартному реле контроля сопротивления. Этот

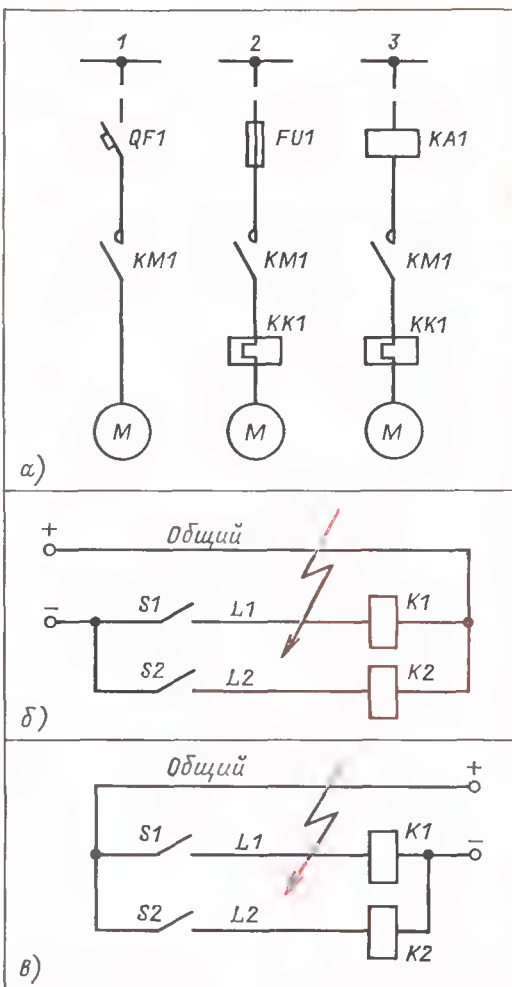


Рис. 8.10. Сравнение схем. К примерам 8.21 и 8.22

вариант лучше. Дело в том, что поплавковое реле хотя и простой, но все же механизм. Кроме того, вода при включении насоса бурлит, что вынуждает для троса, на котором подвешены поплавков и противовес, применять направляющие, чтобы левая и правая ветви троса не могли схлестнуться.

Электроды же неподвижны, а реле кон-

троля сопротивления — готовое изделие, требующее только присоединения к его выводам катушки магнитного пускателя и сигнальных ламп.



Пример 8.21

На рис. 8.10,а в упрощенном виде приведены три варианта защиты электродвигателя. Любой из них обеспечивает защиту от тока КЗ и перегрузки, и тем не менее они не равноценны. В а р и а н т 1: а) один автоматический выключатель *QF1* обеспечивает оба вида защиты; б) автоматически отключившийся *QF1* остается отключенным; самопроизвольно он включиться не может — это хорошо. В а р и а н т 2: а) для защиты от перегрузки необходимы электротепловые реле *KK1*; б) перегорание одного предохранителя *FU1* создает опасный неполнофазный режим. В а р и а н т 3: а) для защиты от перегрузки необходимы электротепловые реле *KK1*; б) при КЗ срабатывают токовые реле *KA1* и отключают контактор *KM1*. Но после его отключения токовые реле немедленно возвращаются в исходное положение (отпускают). Это может повлечь опасные последствия: самопроизвольные включения на повреждение в течение времени, пока пусковая цепь подготовлена. Так, например, если кнопочный выключатель “Пуск” (или контакт реле дистанционного управления) замкнут 5 с, то контактор успеет включиться (и отключиться) на повреждение несколько раз, что крайне опасно.



Пример 8.22

На рис. 8.10,б и в одна и та же схема изображена дважды. Но в одном случае она получает питание со стороны выклю-

чателей $S1$ и $S2$, а в другом — со стороны катушек управляемых ими реле $K1$ и $K2$. Линия воздушная, т. е. подверженная сообщениям между проводами. Сравнение схем показывает, что их эксплуатационные свойства различны. Так, в схеме на рис. 8.10,б возникновение соединения между общим проводом и проводом $L1$ остается незамеченным. Но когда включают выключатель $S1$, произойдет КЗ, а реле $K1$ не сработает (отказ). В схеме на рис. 8.10,в замыкание немедленно приведет к ложному срабатыванию реле $K1$.

8.5. В каком порядке целесообразно читать схемы

Общие положения. Чтение схемы всегда преследует определенную цель, т. е. подчинено задачам выполняемой работы. Так, если нужно узнать систему электроснабжения, схему читают сверху вниз (слева направо), т. е. от источников энергии к ее потребителям (см. пример 8.23). Если же нужно выяснить возможные варианты питания электроприемника, схему читают снизу вверх, т. е. чтение начинают с этого электроприемника и идут затем к источнику энергии (см. пример 8.24). И наконец, если какой-либо элемент схемы отказал (см. пример 8.5) или работает явно неверно (см. рис. 8.6), то чтение схемы начинают с этого элемента и от него идут к источнику питания.

Почти на каждой рассматриваемой схеме есть обычно ссылка на другие схемы: как на те схемы, из которых заимствованы какие-либо части элементов (например, контакты аппаратов, полностью показанных на другой схеме), так и на схемы, в которые входят части элементов данной схемы. (Пример дан выше на рис. 4.4.). Ясно, что сначала надо подобрать все взаимосвязанные схемы, а также хорошо уяснить принятую систему обозначений.

На схеме следует прочитать все надписи, начиная с основной (см. гл. 4), и разобраться в поясняющих схемах и таблицах переключений (см. гл. 5). Читаются перечни элементов (§ 4.2) и обязательно находится на схеме все перечисленное в перечне.

Если приведены ссылки на другие схемы, то надо разобраться в каждой из них. Например, в схему входит контакт аппарата, изображенного на другой схеме. Значит, нужно уяснить, что это за аппарат, для чего служит, в каких условиях работает и т. п.

Чтение схемы электроснабжения иллюстрируют примеры 8.23 и 8.24. На рис. 8.11 приведена с некоторыми сокращениями (не показаны, например, разъединители) общая схема электроснабжения промышленного предприятия. Оно получает питание от ТП4. На схеме приняты сокращения: ВЛ — воздушная линия, ГПП — главная понизительная подстанция, АВР — устройство автоматического включения резерва, РП1–РП3 — распределительные пункты, ТП1–ТП4 — трансформаторные подстанции. Эти сокращения общеприняты, поэтому они в подписи к рисункам не расшифрованы.

Разобравшись в надписях, обращаемся к графическим условным обозначениям. Среди них нет нестандартных и необщепринятых. Поэтому можно приступить к чтению схемы.



Пример 8.23

Читая схему сверху вниз, видим трехобмоточные трансформаторы мощностью по 20 000 кВ·А. Обмотка трансформатора 110 кВ соединена в звезду с выведенной нейтральной точкой. Две вторичные обмотки напряжением 10 кВ соединены в треугольник. Вблизи изображений трансформаторов нет надписей 110 и 10 кВ, однако из надписей 110 кВ у ВЛ и 10 кВ у шин

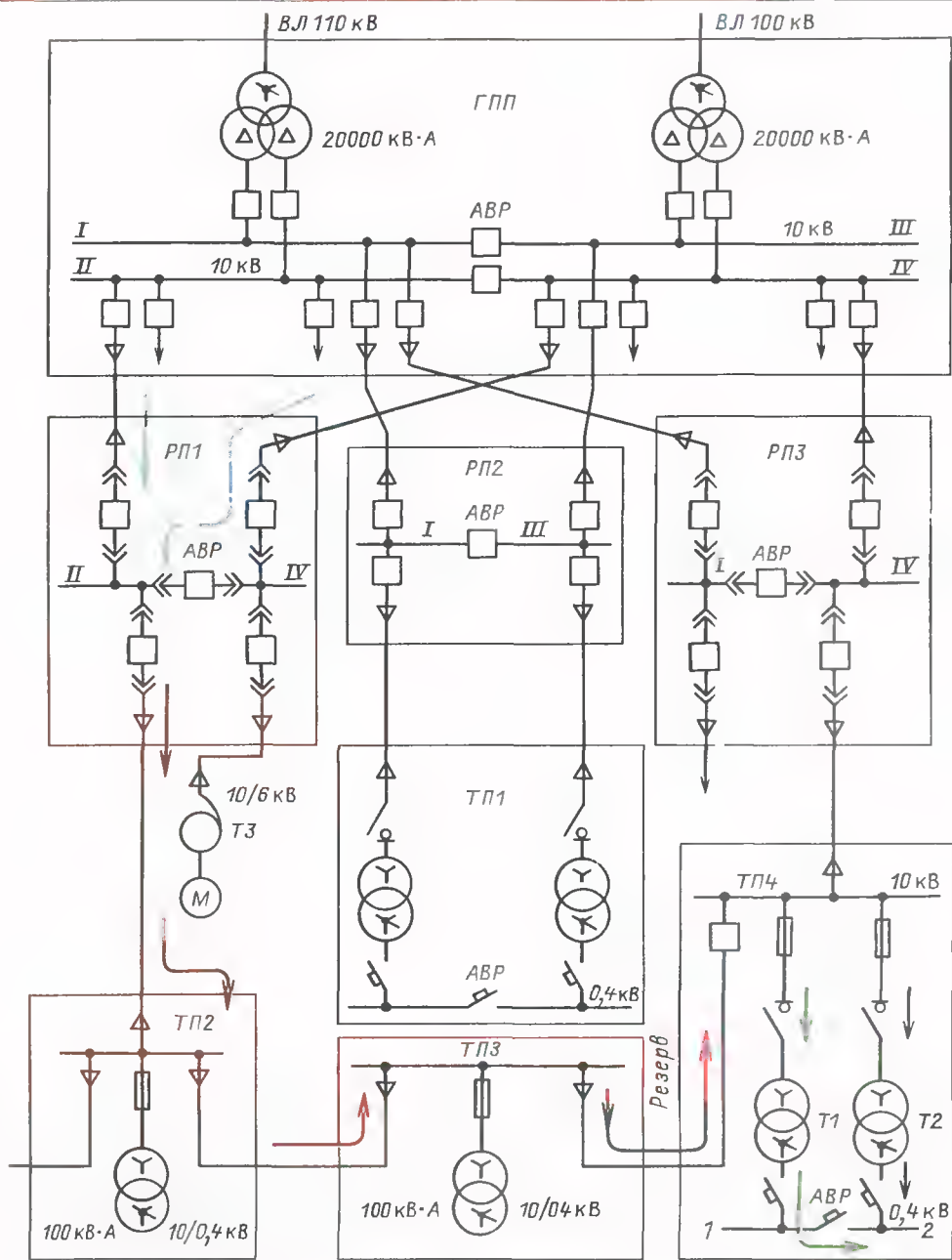


Рис. 8.11. Схема электроснабжения промышленного предприятия. К примерам 8.23 и 8.24

совершенно ясны напряжения обмоток трансформаторов. Далее встречаются выключатели высокого напряжения (квадраты); кабели (на кабель указывает обозначение разделки); выкатные выключатели на *РП1* и *РП3*, на что указывают обозначения разъемов; автотрансформатор *Т3*, понижающий напряжение с 10 до 6 кВ для питания двигателя *М*; разъединители-выключатели на *ТП1* и *ТП4*; двухобмоточные трансформаторы на *ТП1* и *ТП4*; автоматические выключатели на *ТП1* и *ТП4*; предохранители высокого напряжения на *ТП2–ТП4*.

Рассмотрим систему электроснабжения, читая схему сверху вниз, т. е. начиная с источников питания.

Каждая ВЛ 110 кВ через свой трансформатор питает шины 10 кВ на *ГПП*. Шины разделены на четыре секции *I–IV*, которые присоединены к отдельным обмоткам трансформаторов. Секции *I* и *III*, *II* и *IV* соединены выключателями с *АВР*. Каждый распределительный пункт *РП1–РП3* получает питание по двум вводам с разных секций *ГПП*, например *РП1* с секций *II* и *IV* (около шин *РП1* написаны цифры *II* и *IV*).

Шины *РП1–РП3* секционированы и имеют *АВР*. От *РП1* питаются *ТП2*, *ТП3* и двигатель *М*.

Следуя в том же порядке, рассматривают схемы *РП2*, *РП3*, *ТП1–ТП4*.



Пример 8.24

Допустим, что на секции 2 шин 0,4 кВ подстанции *ТП4* нет напряжения, но на шинах 10 кВ напряжения есть. Проследим по очереди все пути от шин 0,4 кВ до шин 10 кВ. Таких путей два: либо через трансформатор *Т2* (черные стрелки), либо через трансформатор *Т1* и секционный выключатель шин 0,4 кВ — зеленые стрелки.

Обратите внимание: мы искали пути, отправляясь от секции 2 шин 0,4 кВ (именно на них надо подать напряжение), а стрелки направлены от источника питания (в нашем случае от шин 10 кВ) к шинам 0,4 кВ.

Сложнее случай, если выключатель, питающий *ТП4*, на *РП3* отключен для ремонта, из-за чего на шинах 10 кВ *ТП4* нет напряжения. Чтобы выяснить, как подать на них напряжение, "пойдем" от шин 10 кВ к источнику энергии. Нам встретятся: выключатель резервного ввода на *ТП4*, затем линия от *ТП4* до *ТП3*, шины *ТП3*, линия от *ТП3* до *ТП2*, шины *ТП2*, линия от *ТП2* до *РП1*, выключатель и секция *II РП1* — красные стрелки. Если на этой секции напряжение есть, то задача питания *ТП4* решена, причем однозначно, так как других путей от *РП1* до *ТП4* нет.

А если на секции *II РП1* напряжения нет? Тогда нужно искать пути от этой секции к *ГПП*. И здесь возможны варианты: либо по линии от секции *II РП1* до секции *II ГПП* — синяя сплошная стрелка, либо через секционный выключатель, секцию *IV РП1* и линию на секцию *IV ГПП* — синяя штрихпунктирная стрелка.

Чтение схем электроснабжения необходимо также для решения ряда важных вопросов о нормальном и аварийных режимах, возможной последовательности оперативных переключений, выборе электрической защиты, местах установки разрядников, заземляющих ножей разъединителей и т. п.

Схемы управления, защиты сигнализации и т. п. читают обычно в следующем порядке.

1. Определяют источники питания, род тока, напряжение и т. п. Если источников несколько или применено несколько различных напряжений, то следует выяснить, чем это вызвано.

2. Если нужно, то расчлениают схему на простые цепи (см. § 7.1) и, рассматривая их сочетания, устанавливают условия действия.

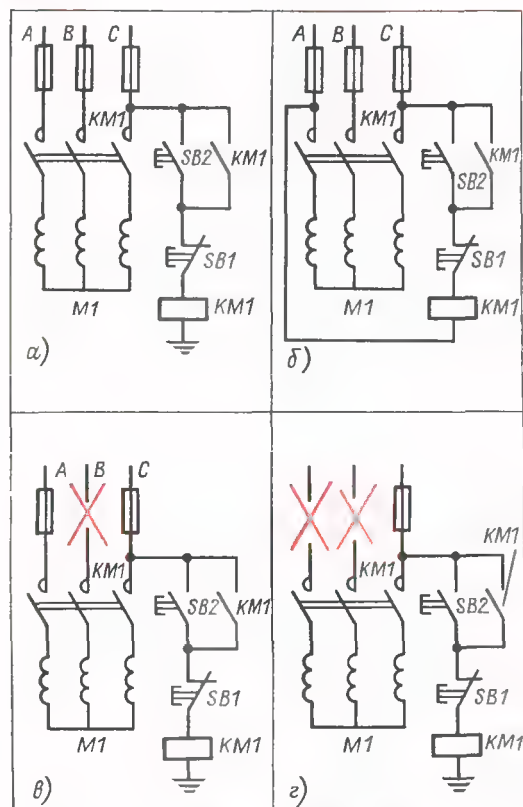


Рис. 8.12. Последствия перегорания предохранителей. К примеру 8.25

3. Строят, если нужно, диаграммы взаимодействия (см. § 5.2), выясняя с их помощью:

а) последовательность работы во времени;

б) согласованность времени действия аппаратов в пределах данного устройства (пример 8.10);

в) согласованность времен действия совместно действующих устройств (например, автоматики, защиты, телемеханики, управляемых приводов и т. п.).

Типичный случай иллюстрирует пример 10.11, который рассмотрен в гл. 10.

г) последствия перерыва электропитания. Для этого поочередно предполагая отключенными выключатели (перегоревшие предохранители), оценивают возможные последствия.

д) возможность выхода устройства в рабочее положение из любого положения в котором оно могло оказаться, например после ревизии.

4. Оценивают последствия вероятных неисправностей:

а) перегорания предохранителей (пример 8.25);

б) нарушения изоляции относительно "земли" (пример 8.26);

в) замыкания контактов поочередно по одному (пример 8.27);

г) нарушения изоляции между проводами воздушных линий, выходящих за пределы помещений (пример 8.22).

Еще раз подчеркнем, что речь идет о вероятных неисправностях, которые *реально могут возникать* в электроустановках, надлежащим образом выполненных и технически грамотно обслуживаемых. *Нельзя рассматривать надуманные повреждения* (например, после ревизии в аппарате забыта изолирующая прокладка между контактами, "вдруг" соединились провода, проложенные на панели, и т. п.).

5. Проверяют схему на отсутствие ложных цепей (примеры 8.7 и 8.9).

6. Оценивают надежность электропитания (пример 8.16) и режим работы электрооборудования.

7. Проверяют выполнение мер, обеспечивающих безопасность при условии организации работ, обусловленной действующими правилами.

Ясно, что в каждом конкретном случае тот или иной этап рассмотрения схемы может отсутствовать, равно как могут появиться вопросы, которые здесь не упоминаются.

Может также измениться порядок рассмотрения.

Пример 8.25

Проверка последствий перегорания предохранителей в схеме двигателя $M1$ (рис. 8.12,а), где $SB1$ и $SB2$ — кнопочные выключатели "Стоп" и "Пуск" соответственно. Катушка магнитного пускателя $KM1$ включена на фазное напряжение. Если перегорел один предохранитель (рис. 8.12,в), то двигатель не отключается, но может остановиться. Для двигателя это опасно (перегревается и может даже сгореть), но двигатель гудит и потому ясно, что он находится под напряжением. При перегорании двух предохранителей (рис. 8.12,г) двигатель останавливается, но не гудит. Для двигателя это не опасно, а человек, считая двигатель отключенным, может попасть под напряжение. Это опасно, поэтому ПУЭ запрещают питать катушку магнитного пускателя $KM1$ от фазы и нейтрали, если двигатель защищен предохранителями. В этом случае катушку следует питать от двух фаз, как показано на рис. 8.12,б.

Докажем целесообразность этого требования.

Допустим, перегорит один предохранитель в фазе A или C . При этом на катушке магнитного пускателя останется 40–45% номинального напряжения. Если пускатель даже не отпустит, то для человека это не опасно: двигатель гудит. Если перегорит один предохранитель в фазе B — двигатель не отключится, но гудит: не опасно. При перегорании любых двух предохранителей катушка пускателя лишится напряжения, так как одной исправной фазы для ее питания недостаточно.

Если двигатель защищен трехполюсным автоматическим выключателем, то питать катушки можно либо от фазы и нейтрали, либо от двух фаз, так как в любом случае сразу отключаются все три фазы.

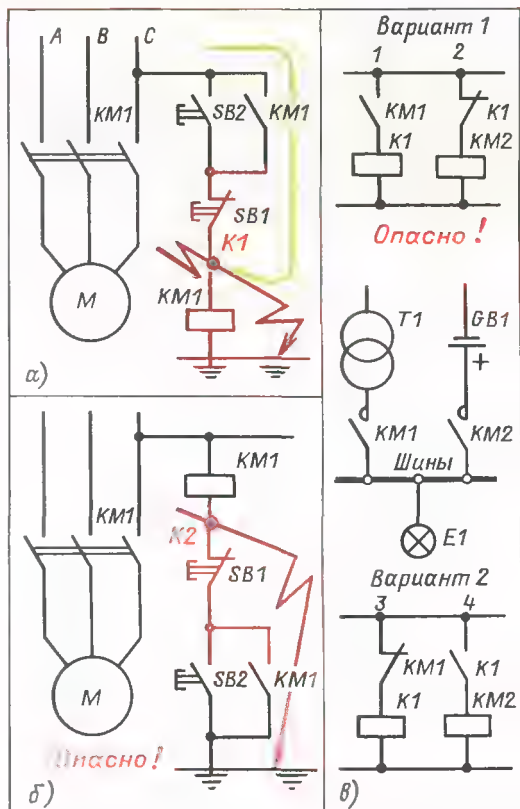


Рис. 8.13. Последствия нарушений изоляции относительно "земли" и незамыкания контактов. К примерам 8.26 и 8.27

Пример 8.26

Последствия замыкания на "землю" иллюстрирует рис. 8.13. Если один из выводов катушки пускателя $KM1$ заземлен, а фаза подана на кнопочный выключатель $SB2$ ("Пуск"), то при заземлении в точке $K1$ (рис. 8.13,а) пускатель отключится и может перегореть предохранитель (не показан). Цепь $K3$ показана зеленой линией.

Если же кнопочный выключатель $SB2$ присоединен к "земле", а катушка пуска-

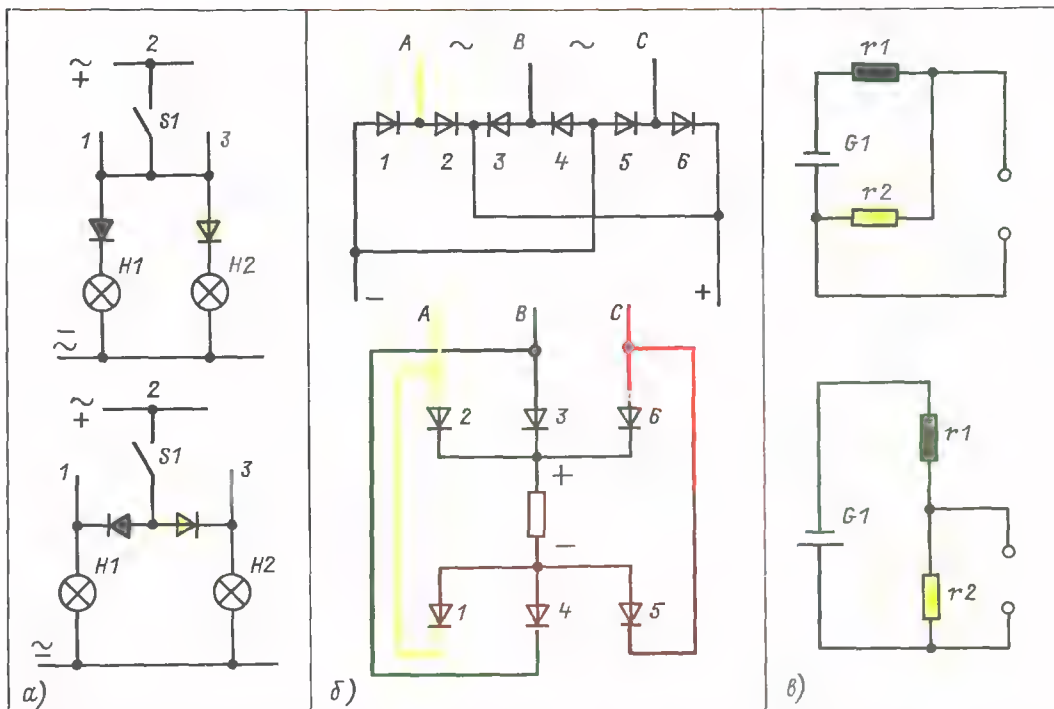


Рис. 8.14. Приведение схем к виду, удобному для чтения. К примерам 8.28–8.30

теля к фазе (рис. 8.13,б), то повреждение изоляции в точке $K2$ вызовет *опаснейшее явление* — самовключение двигателя M , причем включившийся двигатель не возможно остановить кнопочным выключателем $SB1$ ("Стоп"), так как катушка пускателя получает питание через "землю" минуя $SB1$.

Пример 8.27

На рис. 8.13,б даны два варианта схемы автоматического включения ламп $E1$ аварийного освещения от аккумуляторной ба-

тарей $GB1$. В обычных условиях включен контактор $KM1$, а контактор $KM2$ отключен.

Поэтому шины присоединены к трансформатору $T1$.

При отключении контактора $KM1$ автоматически включается $KM2$.

В варианте 1 незамыкание вспомогательного контакта $KM1$ в цепи 1 при включенном контакторе $KM1$ приводит к отключению промежуточного реле $K1$, которое немедленно по цепи 2 включает контактор $KM2$.

В результате на одни и те же шины одновременно подаются постоянный и переменный токи.

В варианте 2 незамыкание вспомогательного контакта $KM1$ в цепи 3 вызывает только отказ (цепь 4 остается разомкнутой), но не крайне опасное в данном случае включение $KM2$.

Приведение схем к виду, удобному для чтения

Читать схему тем легче, чем она нагляднее. Поэтому полезно некоторые, неясные, узлы схем перечертить. Рассмотрим три примера.



Пример 8.28

На рис. 8.14,а показаны две лампы $H1$ и $H2$. В нормальных условиях одна из них включается только по цепи 1, другая — только по цепи 3. Но чтобы убедиться в исправности ламп, включают выключатель $S1$, подавая через него питание сразу на обе лампы. Нужно ответить на вопрос: может ли эта схема работать на переменном токе? Верхний рисунок ответа не даст. Но достаточно начертить схему немного иначе (нижний рисунок), и сразу станет ясно, что род тока безразличен, так как проводимости диодов при любой полярности взаимно противоположны.



Пример 8.29

Из верхней части рис. 8.14,б невозможно понять, какая схема выпрямления на ней показана. А из нижней очевидно, что это мостовая схема трехфазного выпрямителя.



Пример 8.30

Трудно понять верхний рис. 8.14,в. Но если его элементы расположить иначе (нижний рисунок), то будет очевидно, что резисторы $r1$ и $r2$ образуют делитель напряжения батареи $G1$.

Радиотехнические схемы и вообще схемы устройств на базе электронных ламп и полупроводниковых приборов выполняют, используя "традиционное" расположение элементов, образующих распространенные узлы, например усилитель, триггер, мультивибратор и т. п.

Распространенные узлы электроустановок

9.1. Принципиальные положения

Схема любой сложности состоит из ограниченного числа типичных узлов. Схемы этих узлов в книге условно названы основными. *Основная схема содержит только те элементы, без которых она не может работать.* Например, основная схема двигателя с короткозамкнутым ротором состоит из двигателя, коммутационного аппарата и защиты от токов КЗ.

Возможны варианты основных схем. Так, коммутационным аппаратом может быть либо рубильник (или другой выключатель с ручным приводом), либо магнитный пускатель. Защита может осуществляться либо предохранителями, либо автоматическим выключателем, либо токовыми реле. Ясно, что каждый вариант обладает определенными эксплуатационными свойствами. Например, управление с помощью рубильника обеспечивает самозапуск двигателя после перерыва питания, пускатель дает возможность управлять двигателем на расстоянии, а также осуществляет нулевую защиту.

Реализация конкретного варианта может вынудить ввести в схему дополнительные элементы, например кнопочные выключатели "Пуск" и "Стоп" и т. п. Могут быть предъявлены дополнительные требования, которым не удовлетворяет основной вариант схемы, например защита от пере-

грузки. В этом случае схему с предохранителями надо дополнить электротепловыми реле. Другой пример: чтобы предотвратить прикосновение к движущимся частям механизма, нужно в схему ввести контакт, исключающий работу механизма при снятом ограждении.

Примеры можно продолжать, но и тех, которые приведены, достаточно, чтобы понять суть важного и эффективного приема чтения схем. Он состоит в следующем.

1. Схему любой сложности мысленно расчлениют на узлы, содержащие типичные основные схемы (управление двигателем, контроль технологических параметров, сигнализация, измерение и т. п.).

2. Каждый узел мысленно "освобождают" от всего того, что является дополнением к основной схеме, и если в результате получится основная схема — значит, узел работоспособен. Если основная схема не получится, то дальнейшее рассмотрение лишено смысла: схему нужно исправлять¹.

3. Поочередно рассматривают и оценивают каждое дополнение к основной схеме.

¹ Здесь полезно привести аналогию с расчетами. Опытный инженер никогда не приступит к детальным расчетам, не убедившись предварительно с помощью простейшей прикидки в том, что ожидаемый результат не противоречит закону Ома.

В этой главе рассмотрены наиболее распространенные основные схемы, а также приведены упражнения, иллюстрирующие методику чтения схем с довольно сложными зависимостями.

Упражнение 9.5 иллюстрирует приемы, с помощью которых легко установить назначение каждого элемента схемы. В упражнении 9.6 показана техника согласования времен совместно действующих аппаратов.

Сравнивая примеры 9.16 и 9.17, читатели убедятся в том, что одна и та же задача может быть успешно решена совершенно различными техническими средствами. И, наконец, пример 9.19 докажет целесообразность выполнения вспомогательных схем.

9.2. Схемы с разъемными соединителями

Разъемные соединители (устаревшее название — штепсельные) присоединяют, как показано на рис. 9.1. Здесь *I* и *III* — электроприемники, не требующие заземления (зануления) корпуса, однофазный и трехфазный соответственно. Корпуса электроприемников *II* однофазного и *IV* трехфазного токов должны быть заземлены (занулены). Соединители: *1* — двухполюсный и *3* — трехполюсный без защитного контакта; *2* — двухполюсный и *4* — трехполюсный с защитным контактом.

Однофазные электроприемники могут питаться от двух фаз (рис. 9.1, *a* и *б*), либо от фазы и нейтрали *N* (рис. 9.1, *в* и *г*). Сеть защищена предохранителями *FUI* (верхний рисунок), или однополюсными автоматическими выключателями *SFI* (средний рисунок), или трехполюсным автоматическим выключателем *SF2* (нижний рисунок).

Главное в этих схемах заключается в следующем.

1. В схемах рис. 9.1, *б*, *г* и *е* применяются специальные соединители: однофазный *2* с тремя штифтами и трехфазный *4* с четырьмя. Штифты *N* (на рисунке красные), предназначенные для заземления (зануления) корпуса прибора, длиннее рабочих штифтов, благодаря чему при включении раньше заземляется корпус, а потом на прибор подается напряжение; при отключении раньше снимается напряжение, а затем отключается заземление.

2. Предохранители и автоматические выключатели введены только в фазные провода *A*, *B* и *C*. В нейтральный (нулевой) провод ни предохранители, ни автоматические выключатели, ни контакты вводить нельзя, так как именно этот провод, как правило, используется для зануления (заземления). Это ограничение не распространяется на ответвления от магистрали для питания электроприемников, не требующих заземления (зануления).

3. Однофазные автоматические выключатели *SFI* можно применять только при условии, что однофазная нагрузка присоединена к фазному и нейтральному проводам, но не к двум фазным проводам. В противном случае при отключении одного из выключателей лампы могут перегореть — см. рис. 9.2, *в*.

4. Нельзя объединять рабочий *P* и защитный *Зщ* провода (рис. 9.1, *г*).

9.3. Схемы электроосвещения

На рис. 9.2, *a* показан стояк, т. е. магистральные фазные провода *A*, *B* и *C* и нейтральный провод *N*, проложенные по лестничной клетке. От стояка сделаны трехпроводные ответвления в квартиры: фазный провод (*A*, *B* или *C*), нейтральный рабочий и нейтральный провода для зануления корпуса электрической плиты и других бытовых электроприборов,

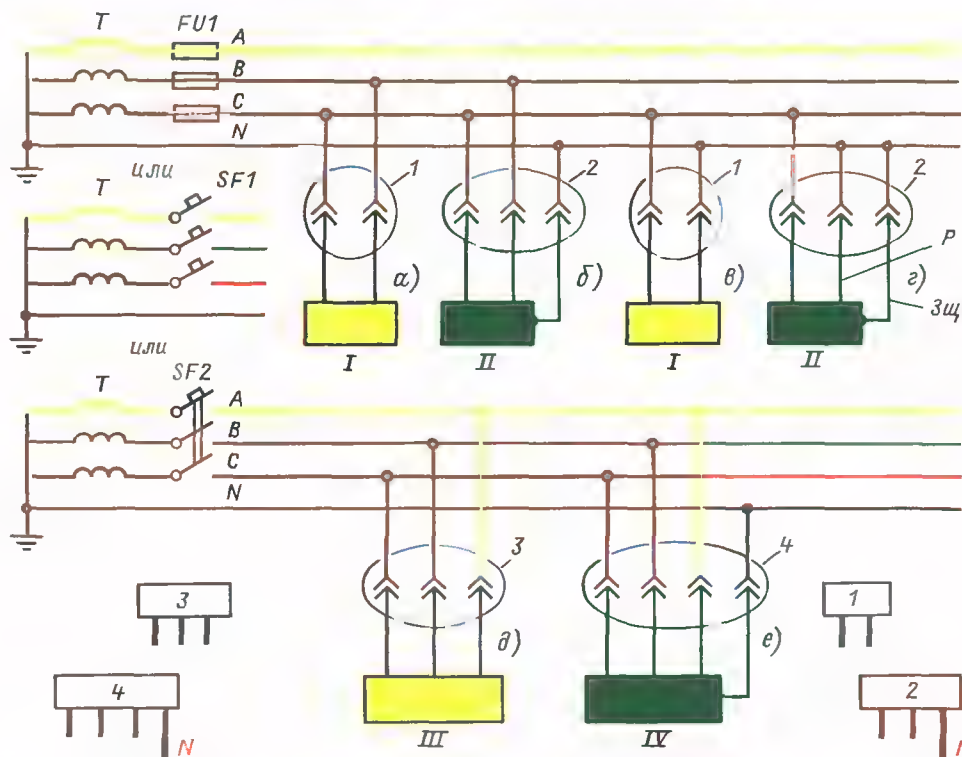


Рис. 9.1. Схемы с разъемными соединителями

если их конструкция требует зануления корпуса.

Площадки на лестничной клетке освещают люминесцентные светильники 1 и 3. Питающие их провода защищены автоматическим выключателем 4, а включает и отключает освещение магнитный пускатель 15, который может управляться выключателем 13 (ремонтный режим). Но, как правило, выключатель отключен, а управление осуществляется контактом 14 автоматического устройства — фотореле, программного реле времени и т. п.

Рассмотрим типовую схему питания электроприемников современной квартиры. Здесь: 2 — выключатель, которым мож-

но отключить квартиру, например для замены счетчика 5 или для выполнения монтажных работ; 6 — автоматический выключатель линии освещения 9; 7 — то же линии розеток 10 без заземляющих контактов (в комнатах) и розетки 11 с заземляющим контактом (в кухне); 8 — то же для питания электрической плиты 12.

Как явствует из рис. 9.2,а, в нейтральном проводе N стояка предохранителя нет. Его отсутствие объясняется двумя причинами:

1) нейтральный провод используется для зануления и, следовательно, разрывы в нем недопустимы;

2) перегорание предохранителя в нейтральном проводе привело бы к перераспределению напряжений между группами ламп, в чем легко убедиться, сопоставив

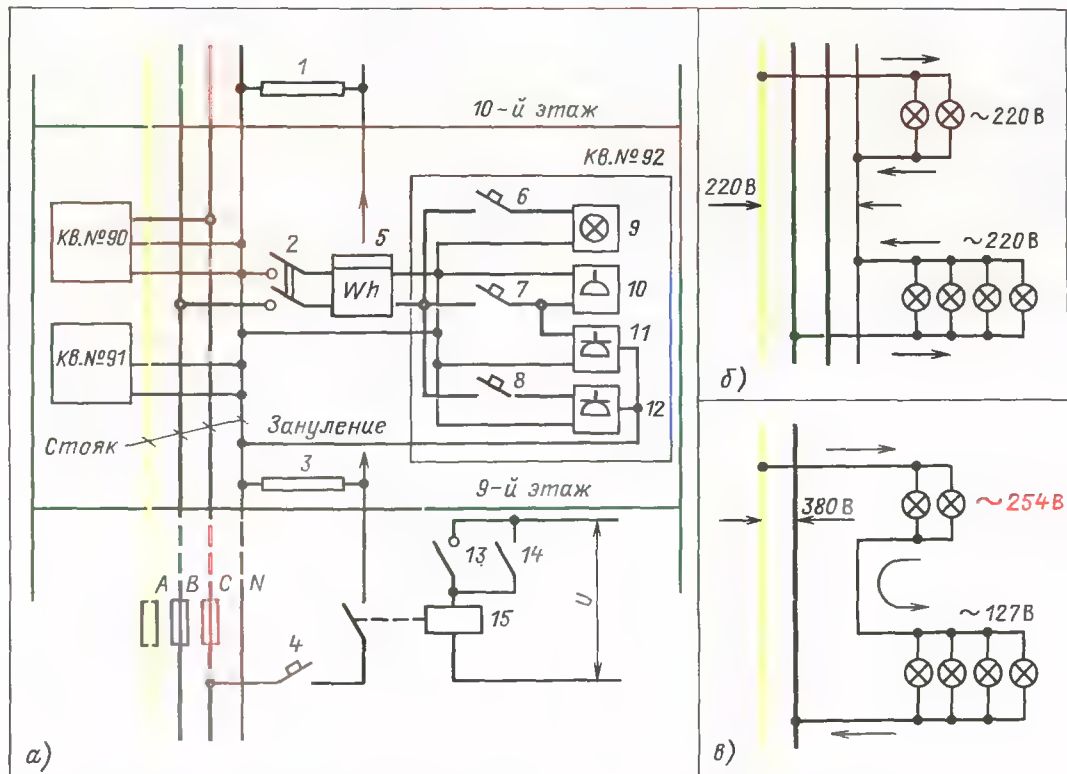


рис. 9.2, б и в, предположив, что в нейтральный провод ошибочно введен предохранитель. Действительно, пока он цел (рис. 9.2, б), лампы горят практически нормальным накалом. При перегорании предохранителя две лампы (в нашем примере) оказались соединенными последовательно с четырьмя лампами, в результате чего линейное напряжение 380 В распределилось между ними неравномерно: на группу из двух ламп пришлось 254 В, на группу из четырех ламп 127 В. Фактически разница еще больше, так как сопротивление ламп резко зависит от температуры.

Люминесцентное освещение. Достоинства: экономичность, большой срок службы ламп, малая чувствительность к повышению напряжения.

Рис. 9.2. Схемы электроосвещения

Однако у люминесцентного освещения есть неблагоприятные особенности: лампы 100 раз в секунду зажигается и гаснет, что, во-первых, вредно для зрения и, во-вторых, создает стробоскопический эффект, проявляющийся в том, что вращающиеся детали механизмов кажутся либо неподвижными, либо вращающимися медленнее, чем на самом деле, и даже в противоположную сторону. Кроме того, пускорегулирующие аппараты (ПРА) для люминесцентных светильников представляют собой индуктивную нагрузку, т. е. снижают коэффициент мощности. Эти неблагоприятные явления предотвращаются следующими способами. Помещения, в которых произ-

водится работа, освещают однофазными двухламповыми светильниками, в которых лампы зажигаются неодновременно, благодаря чему выравнивается освещенность и, кроме того, повышается коэффициент мощности. В помещениях, где есть сеть трехфазного тока, соседние лампы присоединяют к разным фазам.

9.4. Схемы управления электродвигателями

Электродвигатели с короткозамкнутым ротором

На рис. 9.3,а даны пять вариантов схем включения статора. Здесь: 1 — выключатель с ручным приводом; 2 — предохранители в трех фазах; 3 — трехполюсный автоматический выключатель; 4 — контакты магнитного пускателя или же контактора; 5 — электротепловые реле в двух фазах. В вариантах I и II выключатели 1 являются оперативными. Поэтому схема управления не требуется, а коммутационная способность выключателя должна соответствовать току статора. В остальных вариантах выключатели 1 предназначены только для снятия напряжения с предварительно отключенного двигателя.

Схемы I и IV с предохранителями хуже, так как при перегорании предохранителя возникает неполнофазный режим. Защита от него в схеме IV возложена на электротепловые реле 5.

Автоматический выключатель в варианте III должен иметь комбинированный расцепитель, а в варианте V — электромагнитный или комбинированный. В последнем случае нагревательные элементы электротепловых реле 5 более точно согласуют с параметрами двигателя.

Силовые схемы III—V не могут применяться без схем управления магнитным

пускателем (контактором), причем, смотря по заданным условиям, возможны различные варианты. Некоторые из них показаны на рис. 9.3,б. В этих схемах: 4 — магнитный пускатель; 5 — контакты электротепловых реле (номера 4 и 5 заимствованы из рис. 9.3,а); 6 и 7 — предохранители цепей управления; 8 — выключатель с ручным приводом для управления магнитным пускателем по вариантам VI и VII; 10 и 11 — кнопочные выключатели "Стоп" и "Пуск" соответственно; 12 и 13 — контакты аппаратов, контролирующих режим работы управляемого механизма, причем при нормальном режиме оба контакта замкнуты; 14 и 15 — контакты реле, управляемых с диспетчерского пункта для отключения и включения соответственно; 16 — контакт аппарата, немедленно отключающий пускатель при возникновении неисправности; 17 — выключатель "Аварийный стоп".

Варианты VIII—XI предусматривают управление только кнопочными выключателями 10 и 11, а вариант XII — управление только с диспетчерского пункта с помощью реле 14 и 15. Но обычно один из вариантов VIII—XI применяют совместно с вариантом XII. Однако в этом случае необходим переключатель режимов управления 9. У этого переключателя четыре позиции: P — ремонтное управление, при котором действуют только кнопочные выключатели 10 и 11; M — местное управление кнопочными выключателями 10 и 11, но с блокировкой с помощью реле 12 и 13; A — автоматическое (диспетчерское) управление, при котором действуют реле 14 и 15, а также все блокировки 12, 13 и 16.



Упражнение 9.1

Ответить на вопросы. 1. Чем различаются варианты VI и VII, VIII и IX (рис. 9.3,б)? 2. Можно ли включить двигатель при неисправности, при

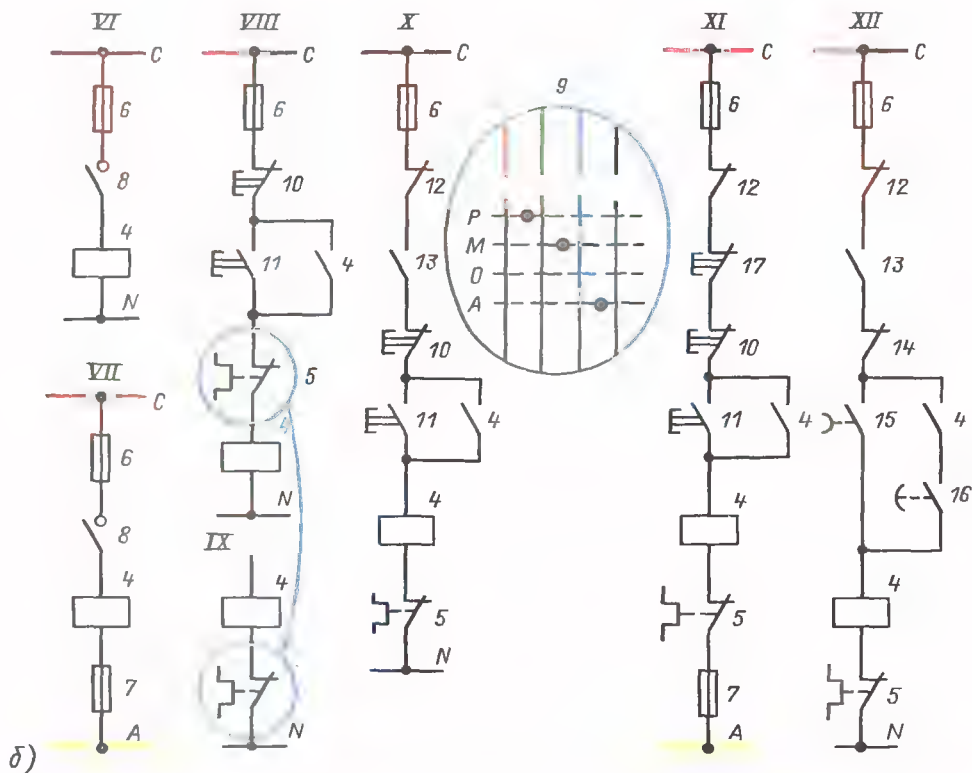
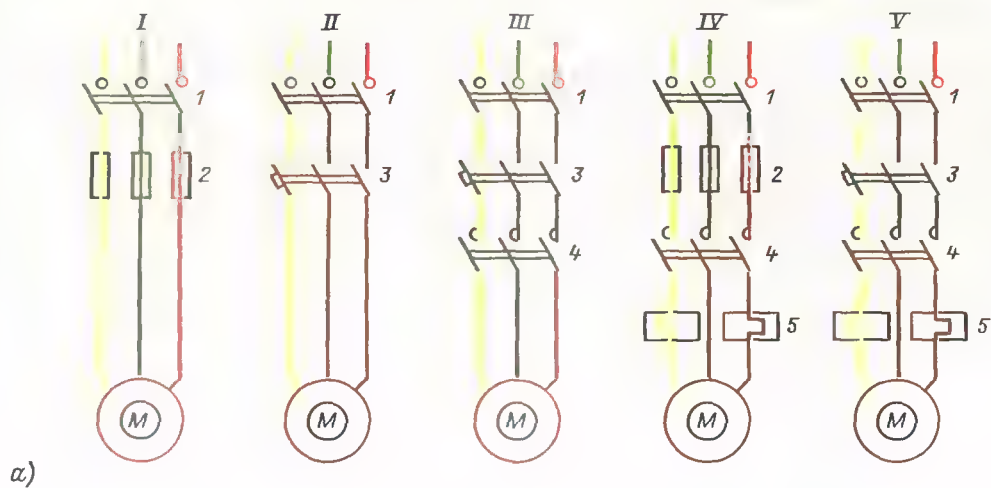


Рис. 9.3. Варианты схем управления электродвигателями с короткозамкнутым ротором.

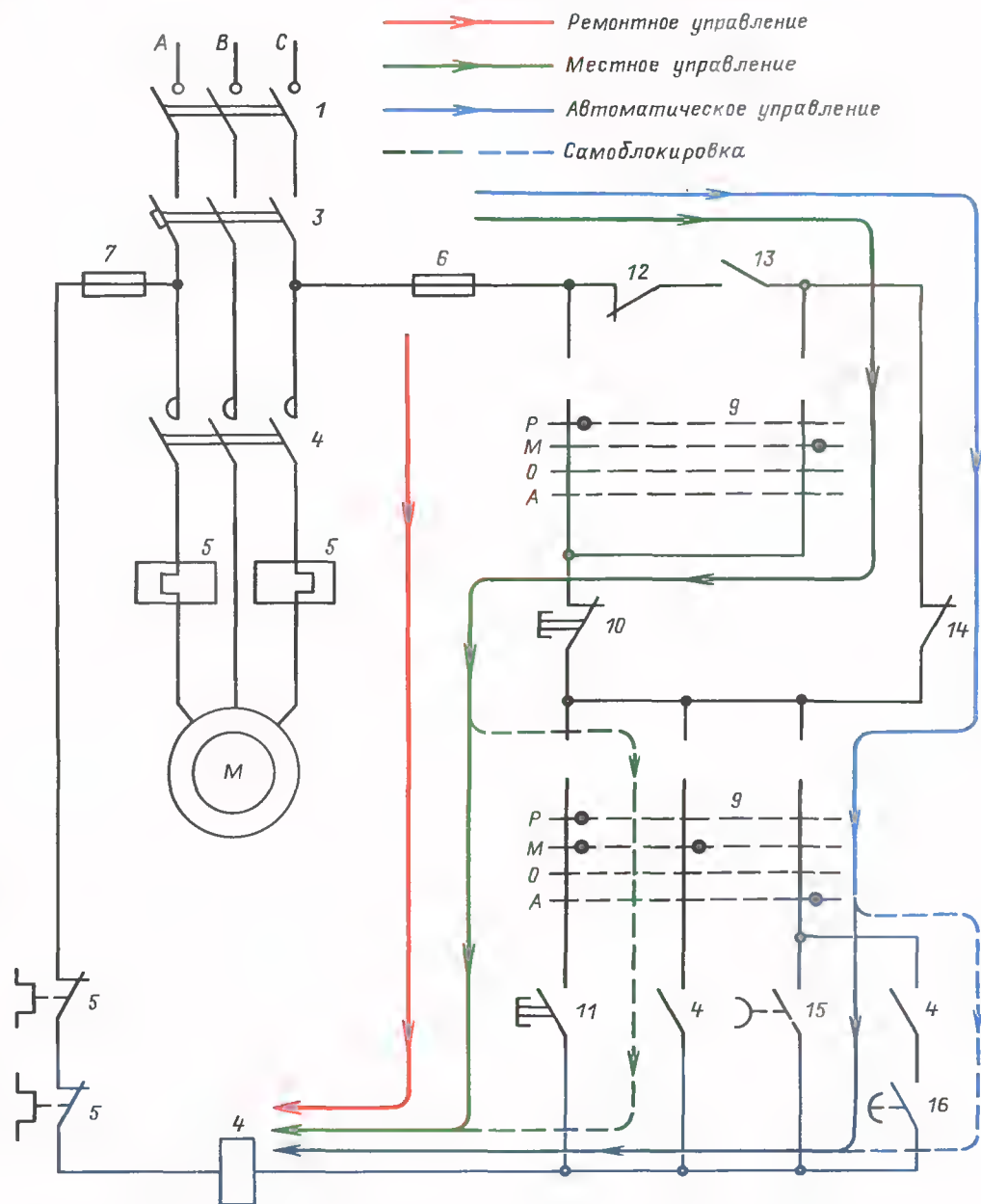


Рис. 9.4. Схема управления нереверсивным электродвигателем с тремя режимами управления.

которой контакт *12 (13)* разомкнут? 3. Если в варианте *XII 16* – это контакт реле скорости, контролирующий окончание разгона механизма, то каким свойством должно обладать реле *15*?



Ответы

В варианте *VI* катушка пускателя питается фазным напряжением, в варианте *VII* – линейным. Варианты *VIII* и *IX* различаются местом включения контакта *5* электротеплового реле.

2. Нельзя.

3. Контакт реле *15* должен быть замкнут до окончания разгона, т. е. до замыкания контакта реле скорости *16*. Затем контакт *15* должен разомкнуться, чтобы ввести в действие нулевую защиту.



Упражнение 9.2

На рис. 9.4 дана схема, в которой позиции *I, 3–7, 9, 16* заимствованы из рис. 9.3. Она составлена из вариантов, приведенных на этом рисунке, но к ним добавлен переключатель режимов управления 9. Ответить на вопросы: 1. Из каких вариантов составлен рис. 9.4? 2. Чем отличаются режимы *P* и *M*? 3. Какие электротепловые реле применены в схеме: два однофазных или одно двухфазное? 4. Верно ли цветными линиями показано прохождение тока в разных режимах управления?



Ответы

1. Из вариантов *V* – силовая цепь и из сочетания схем управления по вариантам *XI* и *XII*.

2. В режиме *P* действуют только кнопочные выключатели *10* и *11*, а в режиме *M*, кроме того, действуют блокировки с помощью контактов *12* и *13*.

3. Два однофазных; это явствует из того, что в цепь катушки *4* введены два контакта *5*. У двухфазного реле был бы один контакт.

4. Верно.

Реверсирование и торможение

Реверсирование. На рис. 9.5 дана схема реверсирования – изменения направления вращения. В схеме *QF1* – трехполюсный автоматический выключатель; *FU1* – предохранитель цепей управления; *SB3* – кнопочный выключатель "Стоп"; *SB1* и *SB2* – кнопочные выключатели "Вперед" и "Назад" соответственно; *KK1* – электротепловое реле; *KM1* – реверсивный магнитный пускатель, состоящий из двух частей: *KM1.1* – пускатель "Вперед" и *KM1.2* – пускатель "Назад".

Чтобы включить пускатель *KM1.1*, нужно нажать кнопочный выключатель *SB1*. Пускатель сработает, самозаблокируется и присоединит выводы статора *C1, C2* и *C3* к фазам *A, B* и *C* соответственно. При включении пускателя *KM1.2* выводы *C1, C2* и *C3* будут присоединены в другом порядке, а именно к фазам *B, A* и *C*, что и является условием реверсирования.



Упражнение 9.3

Ответить на вопросы. 1. Что произойдет, если при включенном пускателе *KM1.1* нажать кнопочный выключатель *SB2*? 2. Что произойдет, если одновременно нажать *SB1* и *SB2*? 3. Вращение происходит по часовой стрелке. Что нужно сделать, чтобы изменить его направление?



Ответы

1. Ничего не произойдет, благодаря тому, что цепь катушки одного пускателя *KM1.1 (KM1.2)* разомкнута вспомогательным контактом другого, включенного пускателя *KM1.2 (KM1.1)*.

2. Ничего не произойдет, так как *SB1* и *SB2* – электрически сброкированы: контакт *SB1* размыкает цепь *KM1.2*, а контакт *SB2* – цепь *KM1.1*. Нередко электрическую блокировку дополняют механической с помощью распорки.

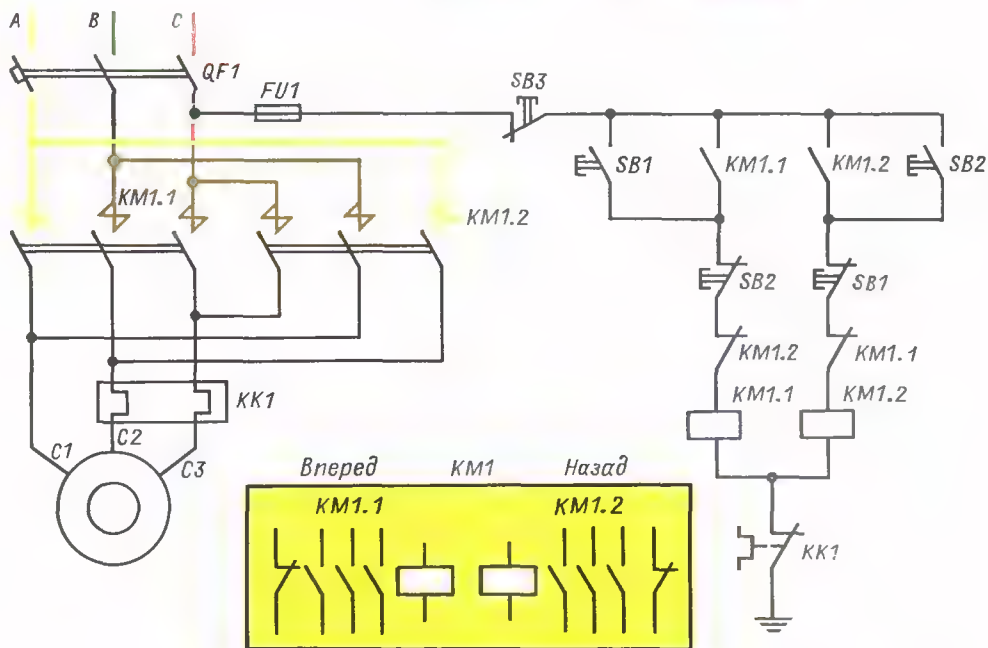


Рис. 9.5. Схема управления реверсивным электродвигателем. К упражнению 9.3

3. Нужно сперва нажать $SB3$ и этим действием отключить $KM1.1$ ($KM1.2$), а затем нажать $SB2$ ($SB1$), чтобы включить другой пускатель.

Динамическое торможение. Принцип действия динамического торможения иллюстрирует рис. 9.6, а и б. Они различаются только тем, что в схеме на рис. 9.6, б имеется источник постоянного тока (+ и -), а в схеме на рис. 9.6, а постоянный ток получают с помощью выпрямителя $V1$.

Итак, в исходном положении: а) контактор $KM1$ включен, двигатель работает; б) включено реле времени $KT1$, контактом которого подготовлена цепь катушки контактора $KM2$.

Кнопочным выключателем $SB1$ ("Стоп") отключают $KM1$. В результате: а) двигатель отсоединяется от сети переменного тока;

б) замыкается цепь катушки контактора $KM2$, который, сработав, подает в статор постоянный ток: происходит торможение ("примагничивание"); в) размыкается цепь катушки реле времени $KT1$ и через некоторое время (1–3 с) его контакт отключает $KM2$: подача постоянного тока в статор прекращается.

В результате перечисленных переключений схема подготавливается к следующему пуску: двигатель отключен и расторможен, якорь контакторов $KM1$ и $KM2$, а также реле времени $KT1$ — отпущены.



Упражнение 9.4

Ответить на вопросы. 1. Что собой представляет реле $KT1$? 2. Каким условиям должны удовлетворять контакты $KM1$ в цепях 3 и 4? 3. Каким способом устанавливается необходимая (и безопасная для обмотки статора) сила постоянного тока в схеме на рис. 9.6, а и б?

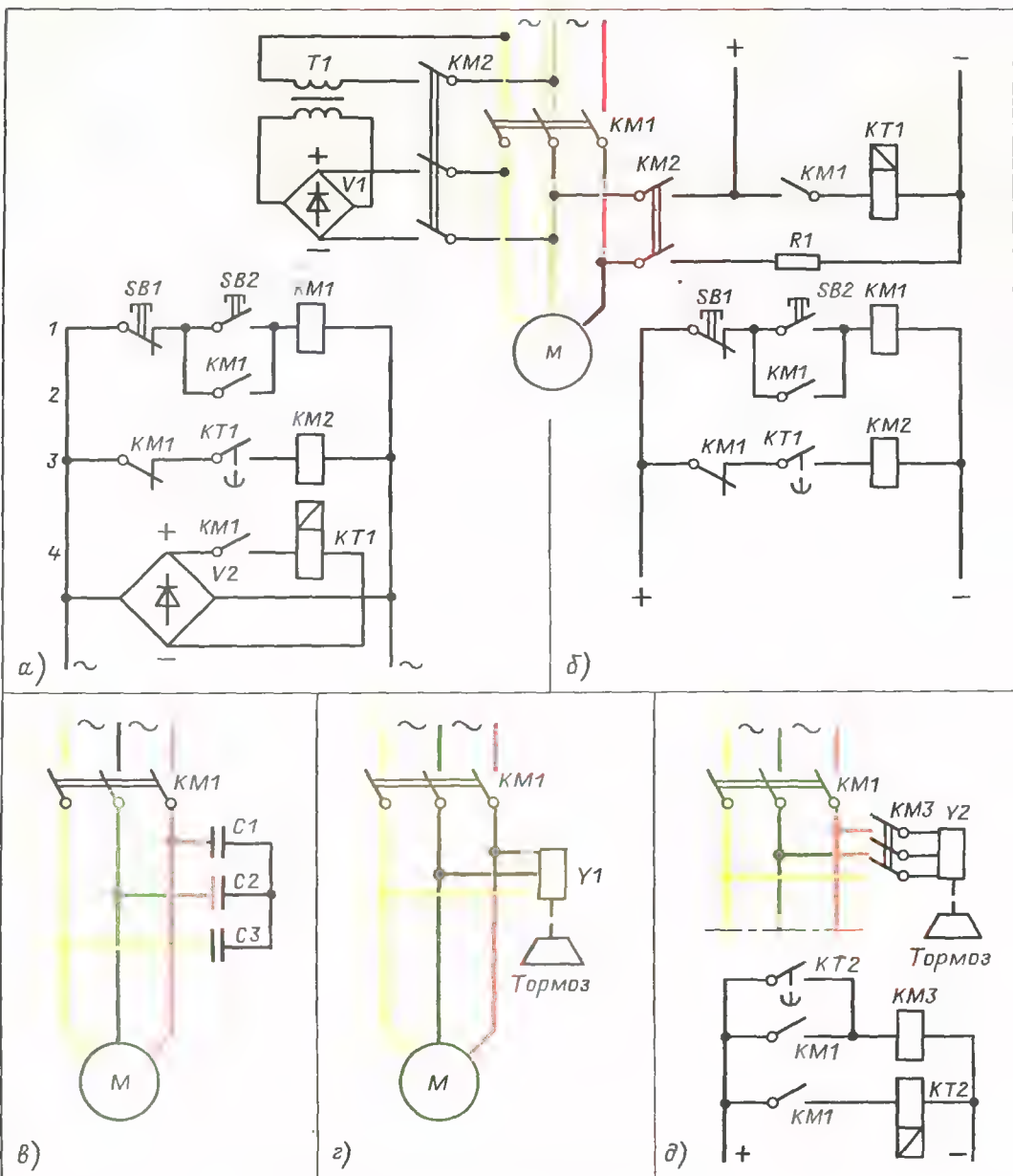


Рис. 9.6. Схемы торможения. К упражнению 9.4



Ответы

1. Реле $KT1$ имеет электромагнитное замедление с помощью медной гильзы, что подчеркнуто условным обозначением катушки.

2. При включении $KM1$ кнопочным выключателем $SB2$ необходимо, чтобы контакт $KM1$ в цепи 3 разомкнулся раньше, чем замкнется контакт $KM1$ в цепи 4. В противном случае, если $KT1$ быстро сработает, не исключено ложное срабатывание $KM2$. Оно весьма кратковременно, но опасно.

3. В схеме рис. 9.6,а необходимое значение тока достигается подбором коэффициента трансформации трансформатора $T1$; в схеме рис. 9.6,б — с помощью резистора $R1$.

Конденсаторное торможение иллюстрирует рис. 9.6,в. Конденсаторы могут быть соединены в звезду или в треугольник.

Механическое торможение применяют для удержания механизма в неподвижном состоянии при отключенном двигателе. Электромагнит $Y1$ тормоза (рис. 9.6,з) включается (растормаживание) и отключается (затормаживание) вместе с двигателем. Если тормоз нужно отключить не одновременно с двигателем, а с некоторой задержкой по времени, например после окончания электрического торможения, то напряжение на электромагнит тормоза $Y2$ подают контактором $KM3$ (рис. 9.6,д). Контакт $KM3$ отключается с небольшой выдержкой времени после отключения линейного контактора $KM1$ благодаря введению в схему реле времени $KT2$.

Двухскоростные электродвигатели

На рис. 9.7 приведена одна из схем управления двухскоростным электродвигателем. Статор имеет две обмотки с разными числами полюсов. Выводы одной обмотки $C11, C21, C31$; выводы другой — $C12, C22, C32$. Обе обмотки одновременно работать не могут. Реле времени $KT1$ имеет

электромагнитное замедление при помощи демпфирующей гильзы. А так как оно может работать только на однонаправленном (выпрямленном) токе, его катушка включена через полупроводниковый диод $VD1$.



Упражнение 9.5

1. Прочитать схему. 2. Выяснить назначение каждого ее элемента. 3. Определить, какая из скоростей больше: первая или вторая? 4. Выяснить, будет ли подано напряжение на цепи управления, если включит автоматический выключатель $SF1$, не включая автоматического выключателя $QF1$? Безразлична ли последовательность их включения? 5. Объяснить, почему катушка реле $KT1$ выбрана на 220 В, хотя напряжение цепи управления 380 В. 6. Почему вспомогательное реле обозначено $K1A$, а не $KA1$?



Ответы

1. Пока $QF1$ и $SF1$ отключены, все контакты занимают положение, в котором они изображены на схеме. Следовательно, при включении питания те цепи, в которые входит хотя бы один замыкающий контакт, останутся разомкнутыми; цепи, в которые входят только размыкающие контакты, будут замкнуты. При включении $QF1$ и $SF1$ замыкается вспомогательный контакт $QF1$ 1-3, реле $KT1$ срабатывает. Следовательно, контакт $KT1$ 35-37 размыкается, контакт $KT1$ 7-9 замыкается.

Наша задача состоит в том, чтобы включать и отключать двигатель на 1-й и 2-й скоростях. Поэтому мысленно нажмем кнопочный выключатель $SB1$ "1-я скорость": пускатель $KM1$ сработает и включит обмотку статора с выводами $C11, C21, C31$.

Кнопочным выключателем $SB3$ "Стоп" остановим двигатель. Нажмем кнопочный выключатель $SB2$ "2-я скорость". При этом: а) включится вспомогательное реле блокировки $K1A$ (но не пускатель $KM2$, так как в его цепь введен пока еще разомкнутый контакт $KT1$ 35-37); б) включится пускатель $KM1$ (но не $KM2$), в цепи которого еще замкнуты контакты $KT1$ 7-9 и $KM2$ 9-19; в) отключится реле $KT1$ и с выдержкой времени (с замедлением) 3-5 с отключит пускатель $KM1$, после чего включит пускатель $KM2$,

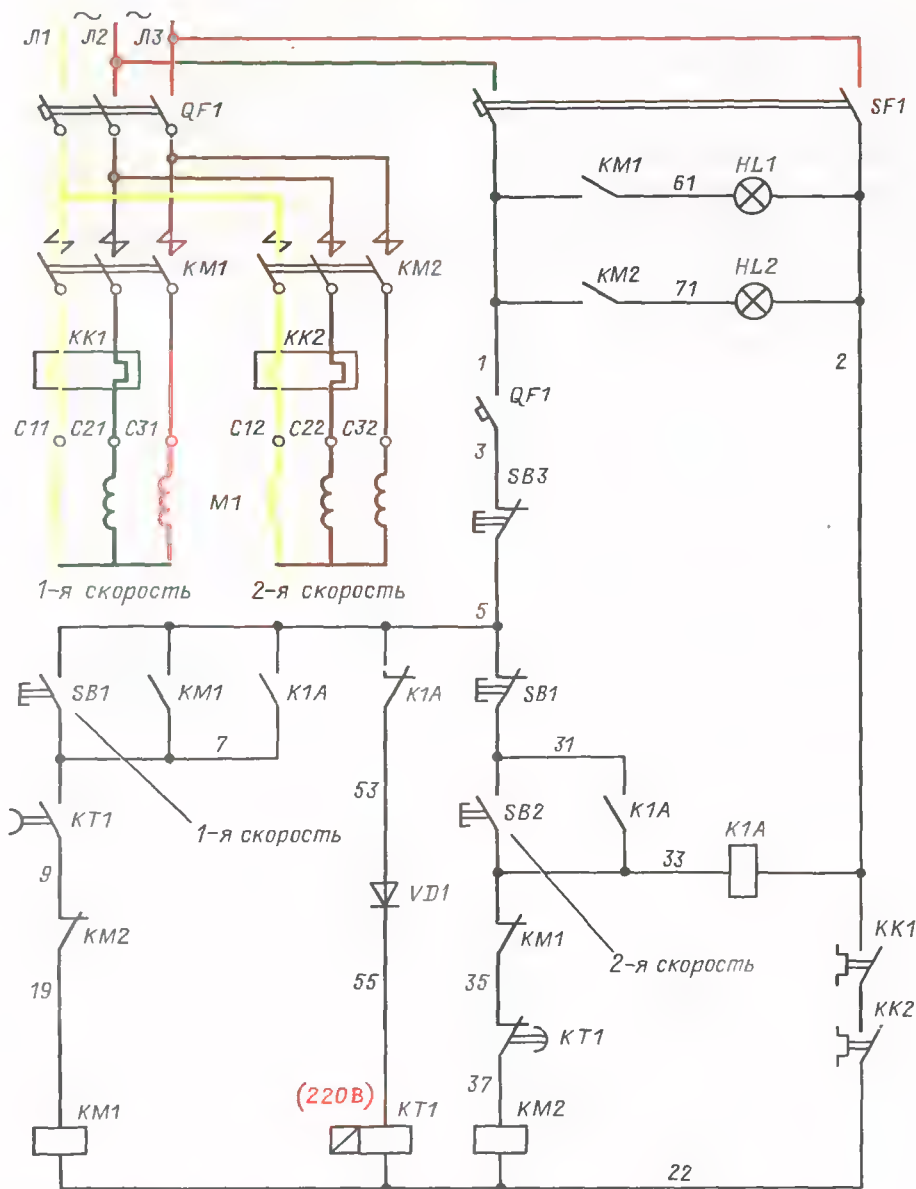


Рис. 9.7. Схема управления двухскоростным электродвигателем. К упражнению 9.5

который подает питание на обмотку статора (выводы *C12*, *C22*, *C32*). Таким образом, автоматически произойдет переключение с первой на вторую скорость.

Лампы *HL1* и *HL2* сигнализируют включенное положение пускателей *KM1* и *KM2* соответственно.

2. Для выяснения назначения элементов схемы поступают следующим образом: а) если элемент или его часть входит в схему последовательно, то его (ее) мысленно заменяют перемычкой и оценивают последствия такой замены; б) если части нескольких элементов, например контакты, соединены параллельно, то сначала заменяют каждый из них перемычкой и оценивают последствия замены. Затем считают, что элемента просто нет и оценивают последствия его исключения. Работу можно выполнять либо по цепям слева направо или же сверху вниз, либо по очереди по аппаратам. Рассмотрим каждый элемент.

Автоматический выключатель *QF1*. Главные контакты отключают силовые цепи при всех видах КЗ и больших перегрузках электродвигателя. Вспомогательный контакт *QF1* 1-3 размыкает цепи управления для того, чтобы при новом включении *QF1* исключить самозапуск. Цепи управления питаются "выше" силовых контактов *QF1*, как в нашем примере, но они могут иметь и независимое питание.

Автоматический выключатель *SF1* отключает цепи управления при КЗ. Перегрузки в цепях управления быть не может.

Электротепловые реле *KK1* и *KK2* настраивают в соответствии с номинальными токами двигателя. Обратите внимание: номинальные токи двигателя при разных скоростях различны. Дело в том, что мощность определяется произведением механической силы на скорость. Контакты *KK1* и *KK2* отключают при перегрузках пускатели *KM1* и *KM2*.

Пускатели *KM1* и *KM2*. Главные контакты включают и отключают двигатель. Вспомогательные контакты *KM1* служат: 5-7 для самоблокировки и защиты двигателя от самозапуска; 33-35 для включения пускателя *KM2* только после того, как пускатель *KM1* уже отключен; 1-61 (1-71) для сигнализации "КМ1 включен" ("КМ2 включен"). Назначение вспомогательных контактов *KM2*: 9-19 исключает включение *KM1* при включенном пускателе *KM2*.

Кнопочный выключатель *SB3* размыкает цепи катушек *KM1* и *KM2* и вспомогательного реле *K1A*.

Кнопочный выключатель *SB1*. Контакт 5-7 включает *KM1*, а контакт 5-31 исклю-

чает включение *KM2*, если ошибочно одновременно нажать обе кнопки.

Кнопочный выключатель *SB2* включает вспомогательное реле *K1A*.

Реле *K1A*. Контакт 5-7 включает пускатель *KM1* на первой ступени пуска второй скорости, 31-33 самоблокирует реле *K1A* и защищает от самозапуска, 5-53 отключает в процессе пуска на второй скорости реле времени *KT1*.

Реле *KT1*. Контакт 7-9 отключает пускатель *KM1* при достижении достаточного разгона на первой скорости, после чего контакт 35-37 включает пускатель *KM2* второй скорости.

Диод *VD1* выпрямляет переменный ток в цепи катушки *KT1*.

3. При включении *SB2* раньше включается *KM1* первой скорости, а затем происходит автоматическое переключение на вторую скорость, значит, вторая скорость больше.

4. При включении автоматического выключателя *SF1* без включения *QF1* на цепи управления не будет подано напряжение, так как вспомогательный контакт *QF1* 1-3 еще разомкнут. Последовательность включения *QF1* и *SF1* безразлична.

5. Выпрямление однополупериодное, из-за чего напряжение выпрямленного тока значительно ниже напряжения переменного тока.

6. В позиционном обозначении *K1A* буква *K* — реле (см. табл. 4.1), цифра 1 — порядковый номер, буква *A* — функциональное назначение реле — вспомогательное (см. табл. 4.2). Эту букву следует писать после порядкового номера.

Электродвигатели с фазным ротором

Обратившись к рис. 9.8 и построив диаграмму взаимодействия (рис. 9.9), видим, что питание на статор двигателя *M1* поступает через рубильник *Q1*, катушки токовых реле *KA1*–*KA3* и контакты линейного контактора *KM4*. Двухэлементное электро-тепловое реле *KK1* включено через трансформаторы тока *TA1* и *TA2*. Контакты реле *KA1*–*KA3* и *KK1* введены в цепь 1, поэтому при срабатывании любого из них контактор *KM4* отключается. Пусковые резисторы *R1* разделены на три секции, которые поочередно закорачиваются при срабатывании контакторов ускорения *KM1*–*KM3*. Цепи управления защищены автоматическим выключателем *SF1*.

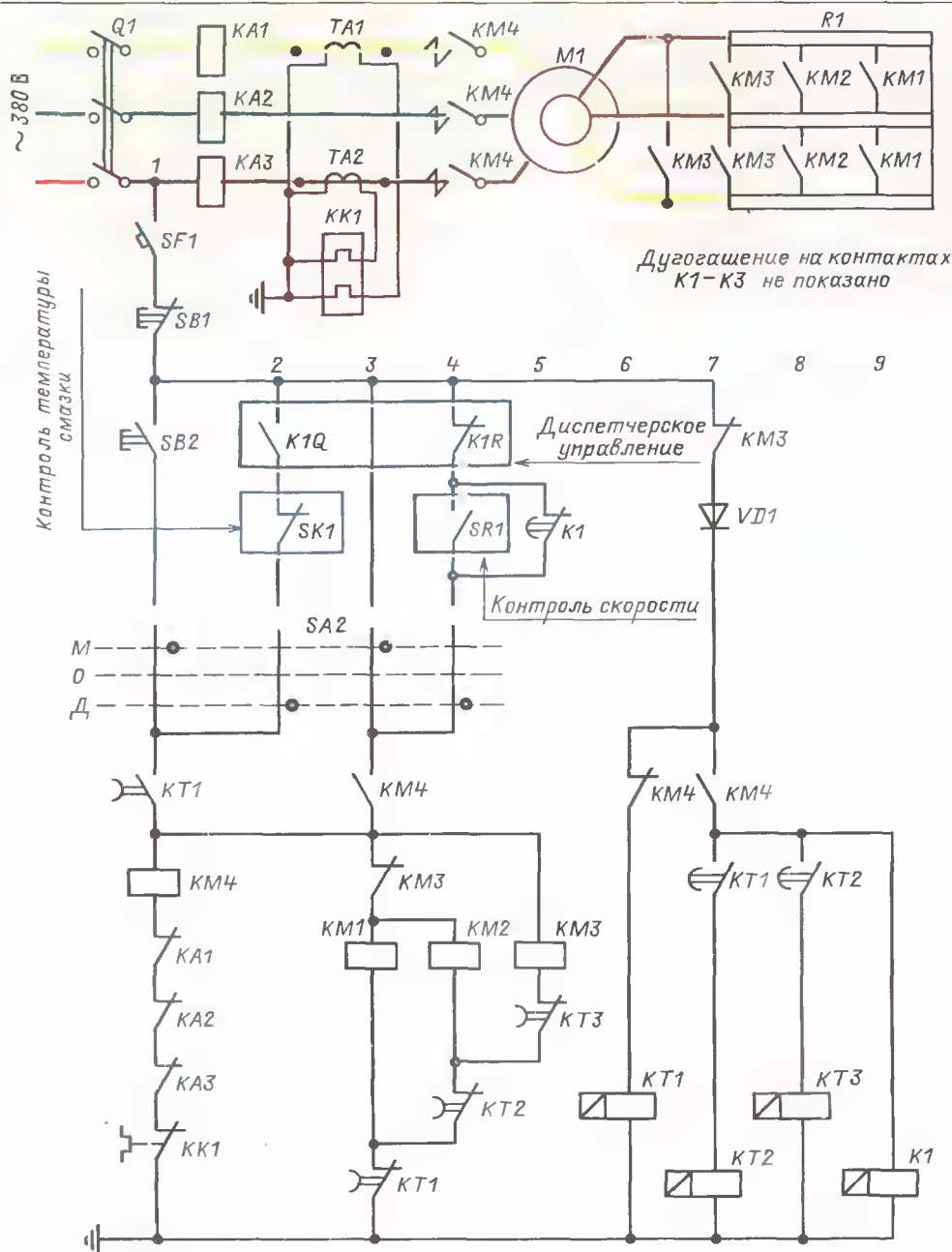


Рис. 9.8. Схема управления электродвигателем с фазным ротором. К упражнению 9.6

Привод имеет два вида управления: M — местное (со щита) и D — диспетчерское. Вид управления определяется положением избирателя управления $SA2$.

Упражнение 9.6

1. Построить диаграмму взаимодействия и с ее помощью рассмотреть действие схемы. 2. Проверить, правильно ли согласованы времена совместно действующих аппаратов. 3. Определить, не является ли схема параметрической. 4. Установить продолжительность отдельных процессов и работы привода в целом. 5. Указать, каким образом гарантируется невозможность включения статора при закороченных пусковых резисторах.

Ответы

1. Строим диаграмму взаимодействия. Рубильник $Q1$ включен. Включением автоматического выключателя $SF1$ (точка 1 на диаграмме рис. 9.9) на цепь управления подано питание: срабатывает реле $KT1$ (цепь 6, точка 2). Кнопочным выключателем $SB2$ или контактом реле $K1Q$ диспетчерского управления (точка 4) включают контактор $KM4$. В цепь статора подано напряжение (точка 5). Вспомогательный контакт $KM4$ отключает $KT1$ (цепь 6), включает реле $KT2$ (цепь 7) и реле $K1$ (цепь 9, точка 3). Реле $KT2$, срабатывая (точка 6), включает реле $KT3$ (цепь 8, точка 7). Реле $KT1$ возвращается (точка 8) и отключает реле $KT2$. Реле $KT2$, возвращаясь (точка 10), отключает реле $KT3$. Оно возвращается (точка 12).

Из диаграммы видно, что рассмотренные переключения реле $KT1$ – $KT3$ вызывают поочередные включения контакторов ускорения $KM1$ (точка 9), $KM2$ (точка 11) и $KM3$ (точка 13), что приводит к закорачиванию ступеней пусковых резисторов. Контактор $KM3$, срабатывая, отключает контакторы $KM1$, $KM2$ и реле $K1$. Контакторы $KM1$, $KM2$ и реле $K1$ возвращаются в исходные положения (точки 14, 15 и 17). Пуск электродвигателя закончен, реле скорости $SR1$ срабатывает (точка 16). С этого времени контактор $KM4$ получает питание по цепи 4 через контакты реле $K1R$ диспетчерского отключения и реле скорости $SR1$.

Контактор $KM4$ отключают либо нажатием кнопочного выключателя $SB1$, либо при срабатывании реле $K1R$ (точка 18). При отключении $KM4$ статор отключается от сети (точка 19), скорость снижается, поэтому реле $SR1$ возвращается в исходное положение (точка 21). Вспомогательные контакты $KM4$ в цепях 3 и 6 размыкаются, а в цепи 6 замыкаются. В результате а) реле $KM3$ возвращается в исходное положение (точка 20); б) реле $KT1$ срабатывает (точка 2); пусковой резистор $R1$ полностью вводится в цепь обмотки ротора.

При управлении с диспетчерского пункта контактор $KM4$ отключается и при перерыве питания в цепи электродвигателя, так как это равносильно потере скорости. После отключения контактора $KM4$ по любой причине его контакт в цепи 3 остается разомкнутым, благодаря чему исключается самозапуск двигателя.

2. Согласование времен иллюстрируется на примерах взаимодействия во времени: вспомогательного реле $K1$, реле скорости $SR1$, реле $K1Q$ пуска с диспетчерского пункта, реле остановки $K1R$ и кнопочного выключателя $SB1$.

1-й случай — пуск. Явления должны происходить следующим образом. На время t_1 (см. диаграмму) замыкается контакт $K1Q$ в цепи 2 и включает контактор $KM4$. Затем его катушка самоблокируется по цепи 4, в которую входят: а) контакт $K1R$ (он не мешает пуску, так как при пуске замкнут) и б) контакт реле скорости $SR1$. Но этот контакт замкнется после окончания разгона (точка 16), т. е. значительно позже размыкания цепи 2. Разница времен t_2 между размыканием контакта $K1Q$ и замыканием контакта реле скорости $SR1$ ясно видна на диаграмме. Если это время "не перекрыть", контактор $KM4$ тотчас отключится, как только разомкнется контакт $K1Q$. А чтобы это отключение предотвратить, в схему введено реле $K1$, контакт которого на время пуска шунтирует (цепь 5) контакт $SR1$ реле скорости.

Как видно из диаграммы, реле $K1$ срабатывает (точка 3) раньше, чем размыкается контакт $K1Q$, а возвращается (точка 17) после срабатывания реле скорости: точка 17 лежит правее точки 16, благодаря чему получается запас t_3 .

2-й случай — отключение по любой причине. При отключении кнопочным выключателем $SB1$ либо с диспетчерского пункта (срабатывает реле $K1R$ и размыкает цепь 4), либо при срабатывании защиты (размыкается цепь 1 контактами KAl – $K\Delta 3$ или $KK1$) контактор $KM4$ отключается (точка 19) и размыкает вспомогательный контакт в цепи 3. Поэтому последова-

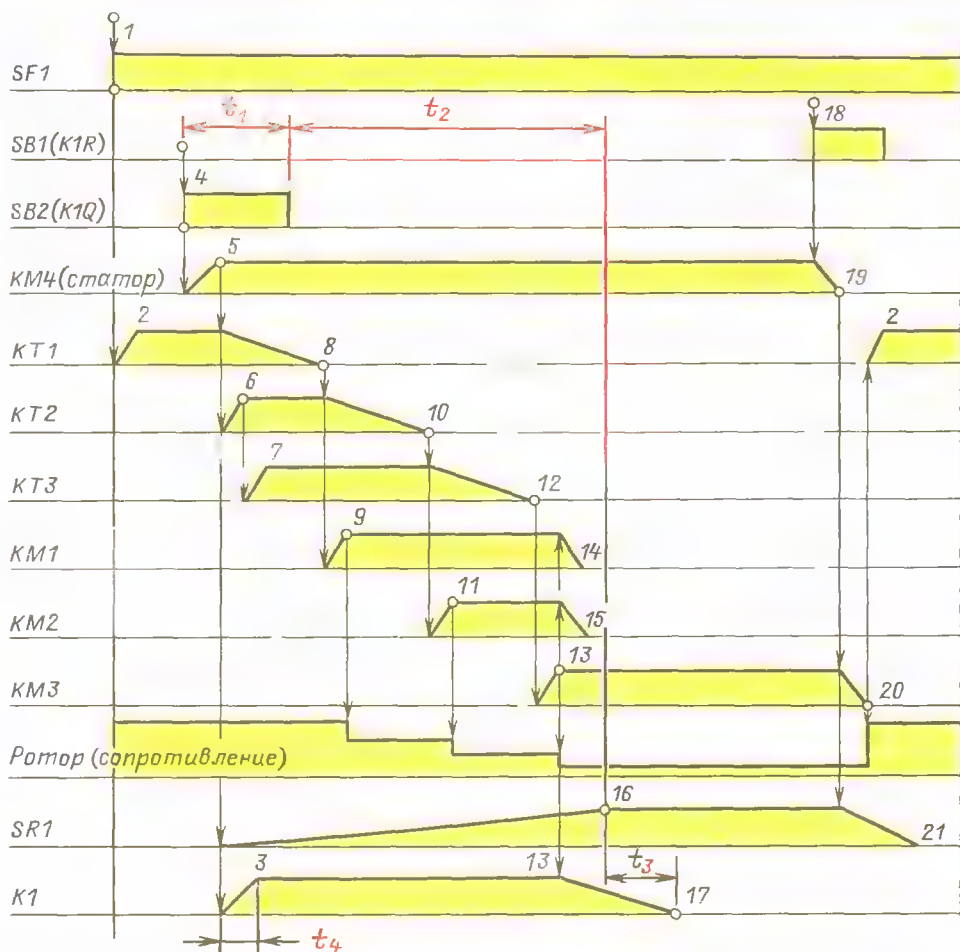


Рис. 9.9. Диаграмма взаимодействия к схеме рис. 9.8

тельность дальнейших переключений в цепях 4 и 5 не имеет значения.

3-й случай — потеря механизма скорости, например из-за того, что соскочил приводной ремень. В этом случае возвратится реле *SR1* и разомкнет цепь 4.

3. Оценка параметричности схемы, т. е. необходимости настраивать аппараты на определенные значения параметров. К таким аппаратам относятся: реле защиты *КМ1–КМ3* и *КК1*, а также реле ускорения *КТ1–КТ3*. Ясно, что их уставки определяются расчетами и нельзя требовать от схемы, чтобы она работала правильно при недопустимых отклонениях от заданных уставок.

Следовательно, при оценке параметричности схемы имеют в виду не необходимость задания определенных уставок — эта необходимость безусловно очевидна. Речь идет об изменении последовательности переключений из-за изменения времени срабатывания или возврата какого-либо исправного аппарата.

Проверим с этих позиций параметричность реле *К1*. Допустим, время его возврата уменьшится, т. е. точка 17, сдвинувшись влево, прибли-

зится к точке 16. В этом случае схема при включении будет работать неустойчиво. Значит, узел схемы параметричен, поэтому время возврата нужно выбрать с достаточным запасом. Увеличение времени срабатывания KI ничего в последовательности переключений не изменяет.

4. Продолжительность отдельных процессов и работы привода в целом можно установить, построив диаграмму в масштабе времени, либо просто записать на диаграмме времена срабатывания и возврата, а затем их суммировать или сравнивать в необходимых сочетаниях. В нашем случае надо сравнивать: а) времена t_1 и t_4 ; б) время t_1 со временем возврата реле токовой защиты $KA1-KA3$.

Последнее требование станет понятным, если предположить, что в цепи статора имеется КЗ или же механизм явно неисправен. При этом сработает токовое реле и отключит двигатель. Но как только он отключится, токовые реле сразу же возвратятся в исходное положение и замкнут контакты в цепи 1. Если в это время контакт $SB2 (KIQ)$ будет еще замкнут, то произойдет повторное включение, хотя оно недопустимо. Одним словом, в данном случае имеют место противоречивые требования, а именно время t_1 должно быть и достаточно велико, и достаточно мало. Но это невыполнимо. Поэтому схему нужно дополнить еще одним вспомогательным реле. При срабатывании любого токового реле это вспомогательное реле должно сработать и самозаблокироваться. Соединенных последовательно контактов $KA1-KA3$.

5. Пока контактор $KM3$ включен (т. е. закорочен пусковой резистор), реле KTI включиться не может, так как разомкнута цепь 7. А это значит, что разомкнута цепь 1 контактора $KM4$, так как в нее введен замыкающий контакт KTI .

9.5. Схемы контроля технологических параметров.

Измерения электрических и неэлектрических величин

Контроль технологических параметров. Выше более или менее подробно рассматривался контроль освещенности (пример 8.3), скорости (пример 8.9), уровня (пример 8.20). В ряде случаев необходимо контролировать давление, предельное по-

ложение движущихся частей механизма, направление движения и, особенно часто, температуру. Ясно, что контроль того или иного параметра может быть выполнен различными техническими средствами и различными методами, свойства которых определяют преимущественную область их применения.

Температуру масла в баке трансформатора можно, например, контролировать как контактным манометрическим термометром, так и термисторами. В обоих случаях сигналы передаются только при достижении значений уставки; один сигнал предупредительный, например при 70°C , другой — аварийный, например при 90°C .



Пример 9.1

Контроль предельных значений температуры (рис. 9.10). На рис. 9.10,а справа изображены контуры машины и обозначены места контроля температуры подшипников $П1$ и $П2$ и обмотки $Об$. В эти места вмонтированы в соответствующей арматуре полупроводниковые термисторы с отрицательным температурным коэффициентом. Схема включения одного из них показана на рис. 9.10,а слева.

Реле KI включено последовательно с термистором RKI и получает питание от трансформатора — стабилизатора напряжения TSI . Напряжение, питающее схему, с помощью переключателя $SA1$ подобрано таким образом, что при нормальной температуре и ниже теплота, выделяющаяся в термисторе проходящим по нему током, отводится контролируемой средой. При этом сопротивление настолько велико, что реле сработать не может. Однако даже небольшое повышение температуры контролируемой среды нарушает тепловое равновесие: температура термистора повышается. Но при этом снижается его сопротив-

ление, что в свою очередь приводит к увеличению тока. Увеличившийся ток еще сильнее разогревает термистор, ток еще больше возрастает, и через несколько секунд реле срабатывает. Его контакты, показанные справа, переключают соответствующие цепи управления и сигнализации.

Важная особенность схемы состоит в том, что после срабатывания реле его контакт обязательно должен закоротить термистор, иначе он сгорит. К одному реле можно присоединить несколько термисторов благодаря тому, что при нормальной температуре контролируемой среды их сопротивления весьма велики и работу схемы не нарушают.



Пример 9.2

Контроль предельных положений механизма, в нашем примере конвейера 3 иллюстрирует рис. 9.10, б. Материал на него, например уголь, поступает с конвейера 2. Конвейер 3 может перемещаться на тележках вдоль бункера. Его предельные положения контролируют концевые выключатели 1 и 4. В крайнем левом положении переключается выключатель 1 (контактный или бесконтактный) и реверсирует двигатель тележки — она будет перемещаться вправо.

При достижении крайнего правого положения срабатывает выключатель 4 и снова реверсирует двигатель тележки — она будет перемещаться влево.



Пример 9.3

Тележка конвейера 3 движется не непрерывно. Дойдя до путевого выключателя 5, она под его воздействием остановится: бункер будет заполняться до за-

данной отметки, после чего сработает реле уровня 6, контакт которого вновь включит тележку. Она переместится до следующего путевого выключателя 7. Если этот отсек бункера заполнен (что зафиксировано с помощью реле уровня 8), то тележка не остановится, а проследует до очередного отсека, где ее остановит путевой выключатель 9, и т. д.

Иными словами, тележка автоматически "ищет" свободный отсек и заполняет его. Если же свободных отсеков нет, т. е. если сработали все реле уровня 6, 8, 10 и 12, то технологический поток автоматически остановится: подача угля в бункер прекратится.

В качестве датчиков уровня могут применяться "просвечивающие" аппараты: радиоактивные гамма-реле (хуже) или ультразвуковые — лучше, но ни в коем случае не механические и не погружные — они ломаются. При электропроводных материалах (руда, уголь) в крайнем случае могут быть использованы прочно закрепленные электродные датчики. Но для цемента, песка, щебня и других неэлектропроводных материалов они категорически непригодны.



Пример 9.4

На щит оператора обычно выносят сигналы: а) о заполнении отсеков; б) о направлении движения тележки: вправо, или влево. Сигналы о заполнении отсеков передаются от выходных контактов реле контроля уровня по одной из схем, приведенных на рис. 9.12 и 9.13, а и б. О направлении движения тележки судят по сигналам, которые образуются в результате сопоставления очередности срабатывания путевых датчиков 13 и 14. Если раньше срабатывает датчик 13, а затем датчик 14, значит, тележка движется вправо; если

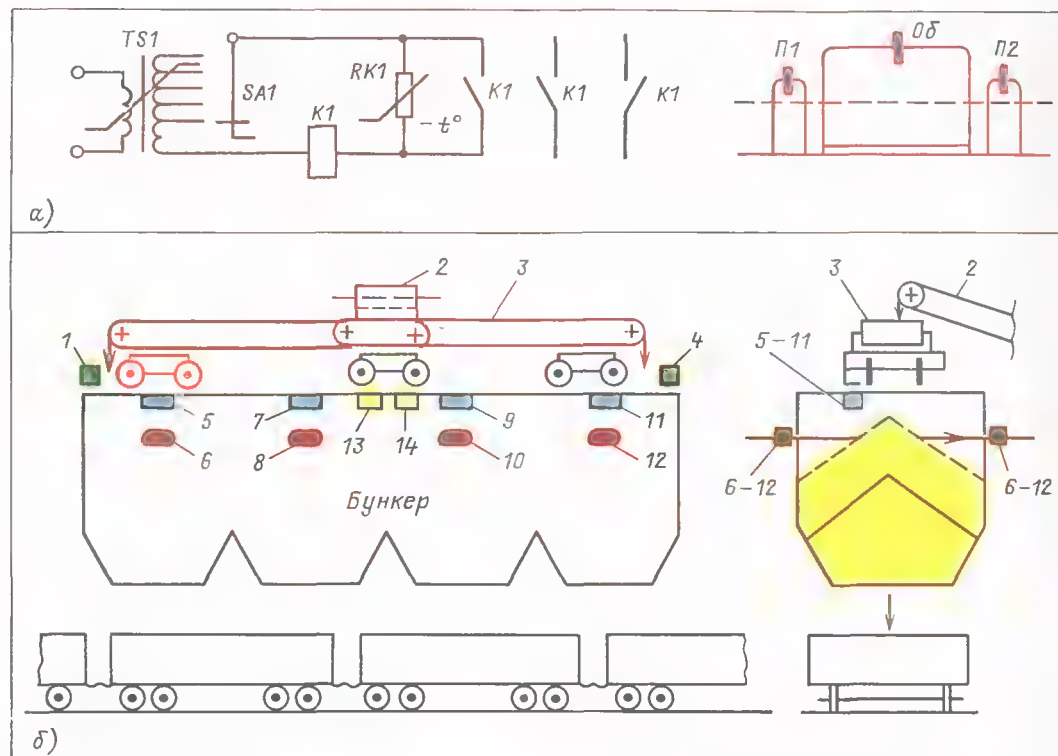


Рис. 9.10 Контроль технологических параметров.
К примерам 9.1–9.4

раньше срабатывает датчик 14 — тележка движется влево.

Важное замечание. Для контроля предельных и промежуточных положений механизмов (или их частей) целесообразно применять не механические, а бесконтактные (не соприкасающиеся с механизмами) датчики, так как они не подвержены поломкам. Надо, однако, иметь в виду их неблагоприятную особенность. Она состоит в том, что бесконтактные датчики требуют электропитания. При его нарушении выходные реле или логические элементы — применяются и то и другое — возвращаются в исходное положение независимо от положения механизма. Следовательно,

важной задачей чтения схемы является проверка того, что несоответствие между положениями контролируемого механизма и контролирующего аппарата не приведет к опасным последствиям.

Измерение температуры может выполняться термометрами расширения. Но гораздо удобнее дистанционное измерение. В этом случае шкала прибора 2 (рис. 9.11, а и б) или 5 (рис. 9.11, в) градуируется в градусах Цельсия, а прибор с датчиками соединяется проводами.

Преобразователями контролируемой температуры в электрические сигналы являются: а) терморезисторы с положительным температурным коэффициентом — термометры сопротивления; б) термоэлектрические термометры.

Измерение термометрами сопротивления иллюстрируют

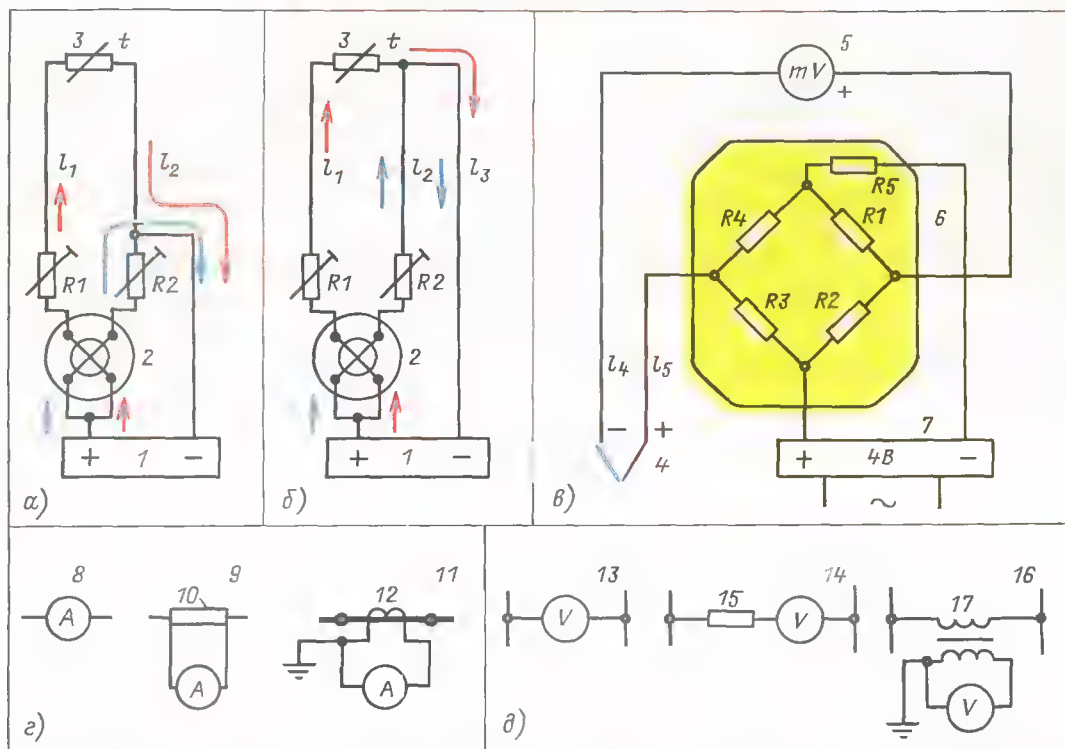


рис. 9.11, а и б. Здесь: 1 — источник сетевого питания; 2 — измерительный прибор — логометр (свойства логометра, определяющие его применение, рассмотрены в § 2.8); 3 — термометр сопротивления; l_1-l_3 — соединительные провода; R_1 и R_2 — уравнивательные (подгоночные) катушки. С их помощью сопротивление цепи устанавливают равным значению, при котором прибор отградуирован.

На рис. 9.11, а два провода, на рис. 9.11, б три. Трехпроводная схема применяется при значительных колебаниях температуры в местах прокладки соединительных линий. Цель измерительной рамки логометра показана красными стрелками; цепь уравнивающей рамки — синими.

Измерение термоэлектрическими термометрами. На рис. 9.11, в 4 — термопреобразователь;

Рис. 9.11. Измерения температуры (а-в), силы тока (г) и напряжения (д)

5 — милливольтметр; 6 — автоматическая компенсационная коробка; 7 — источник постоянного тока, питающий ее измерительный мост; l_4 и l_5 — компенсационные провода.

Измерение температуры основано на измерении термоЭДС, возникающей в термометре при наличии разности температур между рабочим концом термопреобразователя, помещенного в измеряемую среду, и его свободным концом. Например, при температурах рабочего конца 97°C и свободного 0°C прибор показывает $97 - 0 = 97^\circ\text{C}$. Если же температура свободного конца будет в одном случае $+4^\circ\text{C}$, а в другом (-4°C), то показания

будут соответственно $97 - 4 = 93^{\circ}\text{C}$ и $97 - (-4) = 101^{\circ}\text{C}$.

Для автоматической компенсации и температуры свободных концов в термоэлектрическую цепь вводят компенсирующее напряжение от источника постоянного тока. С этой целью применяют компенсационную коробку 6, внутри которой находится равноплечий мост $R1-R4$. При температуре окружающей среды 20°C мост уравновешен. С изменением температуры изменяется сопротивление резистора $R4$, выполненное из никеля, что приводит к нарушению равновесия мостовой схемы. Одновременно вследствие изменения температуры свободного конца термопары изменяются ее термоЭДС. Возникающие в диагонали моста ЭДС из-за изменения сопротивления резистора $R4$ и температуры свободного спая примерно равны по значениям, но противоположны по знаку, благодаря чему показания прибора зависят только от температуры рабочего конца термопары, что и требуется.

Измерение силы тока (рис. 9.11,з). Амперметры A включают: 8 — непосредственно в цепь постоянного или переменного тока; 9 — параллельно шунту 10 в цепи постоянного тока; 11 — в цепь вторичной обмотки трансформатора тока 12. В установках ВН один из выводов вторичной обмотки трансформатора тока заземляют — это мера безопасности.

Измерение напряжения (рис. 9.11,д). Вольтметры V включают: 13 — непосредственно в цепь постоянного тока или переменного тока; 14 — через добавочный резистор 15, как правило, в цепи постоянного тока; 16 — в цепь вторичной обмотки трансформатора напряжения 17. В установках ВН один из выводов вторичной обмотки трансформатора напряжения заземляют — это мера безопасности.

Измерение мощности (энергии). Токовые обмотки приборов включают аналогично рис. 9.11,з, обмотки напряжения —

аналогично рис. 9.11,д. Надо при этом иметь в виду необходимость строгого согласования направлений токов в обмотках. Насколько это серьезно, можно судить по тому, что счетчик трехфазного тока возможно присоединить тридцатью шестью способами, из которых только один способ верен.

Включение катушек реле защиты. Катушки реле простых защит (токовых, напряжения) включают так же, как обмотки измерительных приборов. Однако в сложных защитах требуется согласование направлений токов, фазировки, соблюдения строго определенной группы соединений и т. п. Например, в катушке реле дифференциальной защиты в нормальном режиме токи должны быть направлены навстречу (чтобы они вычитались), а при повреждении защищаемой цепи — в одном направлении; тогда они сложатся и реле сработает. Другой пример. В дифференциальных защитах трехфазных трансформаторов вторичные обмотки трансформаторов тока (к которым присоединяют катушки защитных реле) должны иметь группы соединений, "обратные" группам соединения силовых трансформаторов. и т. п.

9.6. Схемы сигнализации

Предварим рассмотрение схем сигнализации опровержением ошибочного и, к сожалению, распространенного мнения, будто сигнализация в отличие от управления — дело второстепенное. Это опасное заблуждение, так как *неверные сигналы влекут за собой ошибочные оперативные действия*.

Нижне рассматриваются примеры наиболее распространенных узлов схем, встречающихся в тех или иных сочетаниях. Каждый из них имеет особенности, которые в конкретных условиях могут оказаться существенными. Сразу же оговорим, что в дальнейшем опущено все, касаю-

щиеся подробностей, не оказывающих влияния на принцип действия. Опушены, например, обозначения и расположение выводов и т. п.

Пример 9.5

Сигнализация положения коммутационных аппаратов (включен, отключен) или механизмов (работает, остановлен) в простейшем случае выполняется двумя лампами $H1$ и $H2$ разного цвета, например красной и зеленой (рис. 9.12,а). Если $K1$ — это вспомогательный контакт коммутационного аппарата или его повторителя, то лампа $H1$ горит, когда аппарат включен, лампа $H2$ горит, когда он отключен. Включение коммутационного аппарата, однако, не означает, что приводимый им механизм работает (так как может быть неисправна цепь электродвигателя, может быть нарушена механическая передача и т. п.). Поэтому для сигнализации о работе механизма нужно, чтобы контакты $K1$ принадлежали аппарату **технологического** контроля (реле скорости, протока, давления и т. п. — см. § 9.5).

Пример 9.6

При соединении ламп по схеме рис. 9.12,г изменение положения объекта сигнализации легко заметить по миганию лампы; ее **к в и т и р у ю т**, изменяя положение переключателя $SA1$. Допустим, переключатель занимает позицию I , а объект сигнализации отключен. При этом лампа $H6$ горит ровно — красная стрелка, лампа $H5$ — погашена. При включении лампа $H6$ гаснет, а лампа $H5$ мигает — синяя стрелка. Переводя $SA1$ в позицию II , переключи-

чают лампу с мигания на ровный свет — зеленая стрелка.

Достоинство двухламповой сигнализации — ее самоконтроль: при неисправности обе лампы либо одновременно горят, либо обе погашены. Рассмотрим пример одноламповой сигнализации.

Пример 9.7

При включенном объекте лампа $H3$ горит ровно (рис. 9.12,б), контакт $K2$ замкнут; при отключенном — мигает.

Пример 9.8

Для сигнализации используют расположение рукоятки квитирующего переключателя $SA2$ (рис. 9.12,в). Лампа $H7$ погашена, она включается только **п р и и з м е н е н и и** положения объекта. В нашем примере объект $K6$ отключен (рукоятка направлена вниз) — лампа погашена. При его включении лампа загорается — красная стрелка. Чтобы ее погасить, рукоятку переводят вверх. При отключении лампа снова загорится: рукоятку переводят вниз — лампа гаснет.

Пример 9.9

На рис. 9.12,е показана сигнализация положения объекта с помощью сигнального индикаторного прибора. Прибор встраивается в мнемоническую схему; его флажок устанавливается вдоль (включен) — замыкающий контакт $K7$ замкнут, или поперек (отключен) — размыкающий контакт замкнут, или под углом 45° — сигнализация неисправна. Поворот флажка определяется взаимодействием постоянного маг-

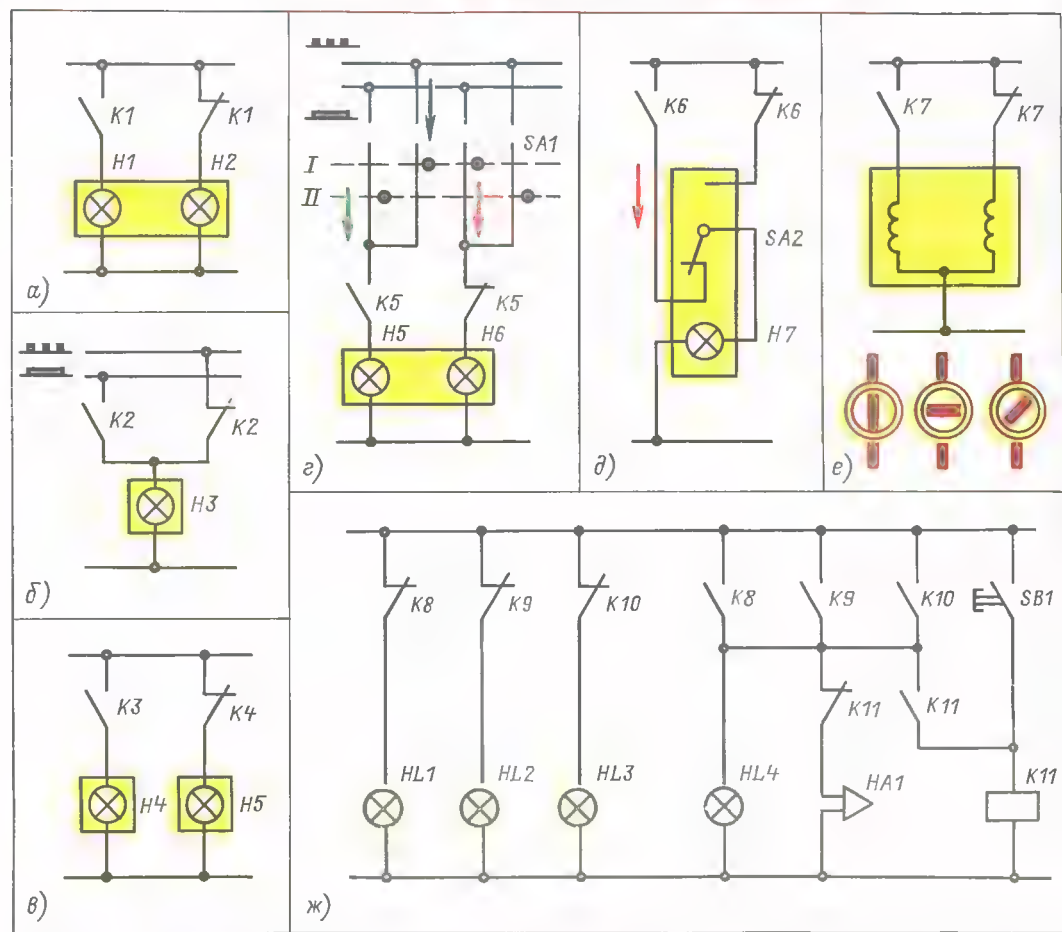


Рис. 9.12. Узлы схем сигнализации. К примерам 9.5–9.11

замкнут контакт $K3$ — горит лампа $H4$; если замкнут $K4$ — горит лампа $H5$.

нита (не показан), на оси которого укреплен флажок, с левым или правым электромагнитом прибора.



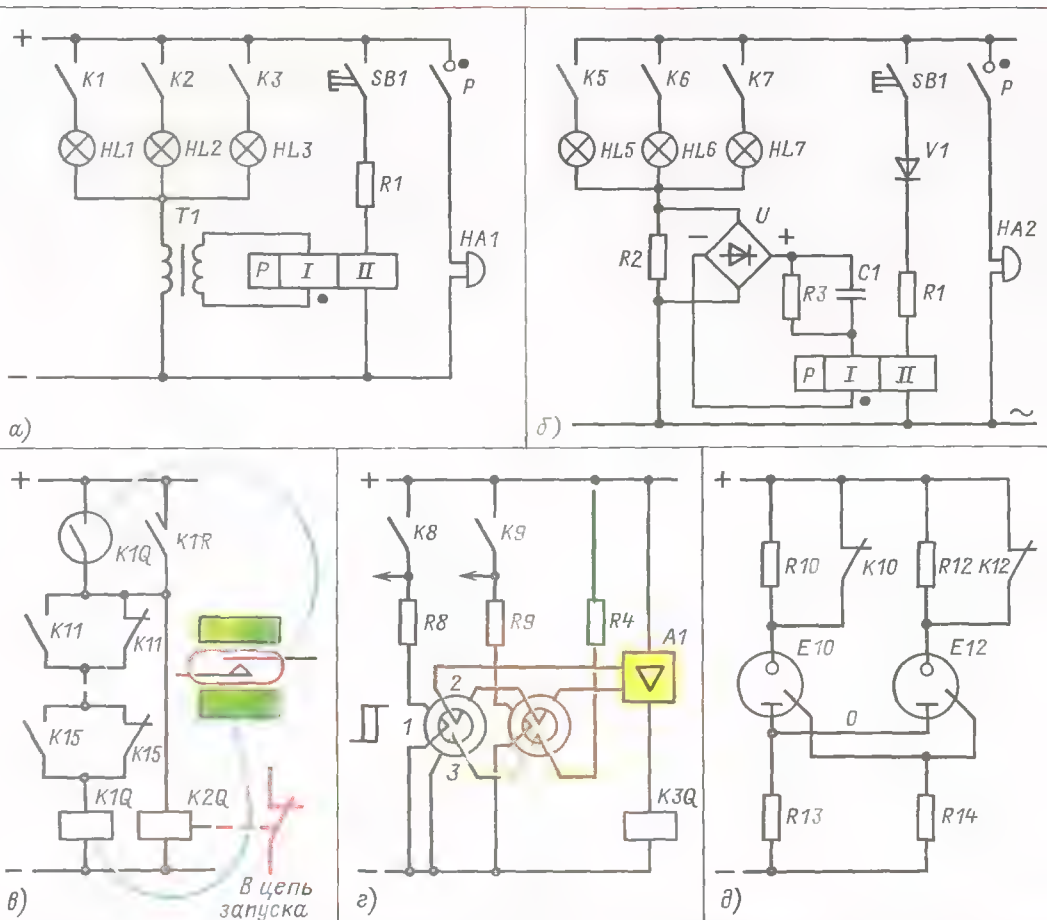
Пример 9.10

Схема сигнализации для неотвеченных объектов показана на рис. 9.12,в. Если



Пример 9.11

Схему сигнализации нарушения режима по любой из трех причин иллюстрирует рис. 9.12,ж. В нормальном режиме горят зеленые лампы $HL1$ – $HL3$. При нарушении режима размыкается контакт $K8$ – $K10$ соответственно и лампа, соответствующая на-



рушению, гаснет, но включаются сирена *HA1* и общая красная лампа *HL4*. Сирену квитируют, включая реле *K11* кнопочным выключателем *SB1*. Реле самоблокируется и отключает сирену. При устранении повреждения зеленая лампа включается, красная гаснет, реле *K11* возвращается и подготавливает схему к повторению действия.

Недостаток рассмотренной схемы состоит в том, что при наличии одного нарушения другое не может вызвать звуковой сигнализации, так как реле *K11* "занято": оно уже сработало при возникновении предыдущего сигнала. Такие схемы при-

Рис. 9.13. Устройства импульсной сигнализации. К примеру 9.12. Специальные схемы. К примерам 9.13–9.15

меняются, если одновременное возникновение двух неисправностей маловероятно.



Пример 9.12

Принцип действия устройств импульсной сигнализации (готовых изделий, требующих только подключения) иллюстрирует рис. 9.13, а и б.

Схема на рис. 9.13,а предназначена для работы на постоянном токе. При возникновении сигнала замыкается один из контактов $K1-K3$ и включает соответствующую лампу: $HL1-HL3$. Лампа соединена последовательно с первичной обмоткой трансформатора $T1$. При этом в его вторичной обмотке возникает импульс, от которого срабатывает поляризованное реле P с преобладанием и включает звонок $HA1$. Его квитируют кнопочным выключателем $SB1$, который через добавочный резистор $R1$ включает катушку II . Направление токов в катушке II противоположно направлению импульса в катушке I , от которого реле сработало, благодаря чему оно возвращается в исходное положение.

Схема на рис. 9.13,б предназначена для работы на переменном токе. При возникновении сигнала с входного резистора $R2$ снимается напряжение, под действием которого через катушку I поляризованного реле P заряжается конденсатор $C1$. Реле срабатывает и включает звонок $HA2$. Его деблокируют кнопочным выключателем $SB1$; диод $V1$ необходим, так как поляризованное реле может работать только при однонаправленном токе. Непременный элемент схемы — разрядный резистор $R3$.

Особенности схем импульсной сигнализации состоят в следующем: новые сигналы воспринимаются независимо от того, снят ли предыдущий сигнал. Общее количество сигналов ограничено насыщением магнитопровода трансформатора $T1$ или напряжением, до которого может быть заряжен конденсатор $C1$.



Пример 9.13

Относится к одной из схем запуска устройств телесигнализации. Реле начала действия $K1Q$ (рис. 9.13,в) включено че-

рез последовательно соединенные переключающие контакты $K11-K15$, которые принадлежат реле сигнализирующих объектов. Реле $K1Q$ — безъякорное герконовое. Его индуктивность ничтожна, что и обеспечивает быстродействие, достаточное для его возврата (отпускания) за время переключения любого контакта $K11-K15$, что и требуется. Начинаящее реле $K2Q$ (через его контакт включается в работу устройство телесигнализации) — это обычное электромагнитное реле.

Схема работает следующим образом. При включении питания реле $K1Q$ и $K2Q$ отпущены, благодаря чему устройство телесигнализации, как только будет подано на схему питание, тотчас начнет работать. А в самом начале телепередачи импульсный контакт $K1R$ включает самоблокирующееся реле $K1Q$. Этот же контакт включает реле $K2Q$. При возникновении любого нового сигнала реле $K1Q$ и $K2Q$ снова отпускают, обеспечивая тем самым запасаНИЕ сигналов, т. е. передачу еще одной серии телепередачи, так как только в ее начале снова замкнется контакт $K1R$.

Контакты $K11-K15$, обязательно переключающие (см. рис. 7.17,в). Следовательно, как при срабатывании, так и при возврате этих реле цепи катушки $K1Q$ образуется кратковременный разрыв, во время которого реле $K1Q$ должно успеть отпустить.

Рассмотренная схема — типичный пример правильного согласования времен совместно действующих аппаратов. Если бы в качестве $K1Q$ было использовано такое же реле, как $K11-K15$, т. е. с очень близкими временными параметрами, то отказы были бы неизбежны. На рис. 9.13,в не показан диод, включенный в схему таким образом, чтобы напряжение, индуцирующееся в катушке $K2Q$ при размыкании ее цепи, не замедляло действия герконового реле.



Пример 9.14

Аналогичная задача может быть решена совершенно другими средствами. В качестве примера рассмотрим рис. 9.13,г. Здесь обмотки: рабочая 1, управляющая 2 и смещения 3 — навиты на ферритовые магнитопроводы с прямоугольной петлей гистерезиса. При замыкании (размыкании) любого из контактов $K8$, $K9$, характеризующих положения объектов сигнализации, магнитопровод с качком перемагничивается, благодаря чему в управляющей обмотке возникает импульс. Импульс выпрямляется и усиливается устройством $A1$ и включает начинающее реле $K3Q$. Выпрямление необходимо, так как полярности импульсов при замыкании и размыкании цепи обмотки 1 различны.



Пример 9.15

Иллюстрируем один из приемов фиксации и быстропроходящих явлений. Дело в том, что в ряде случаев несколько механизмов работают в "замкнутом цикле", т. е. заблокированы между собой таким образом, что остановка любого из них немедленно останавливает все остальные. В этих условиях невозможно по сигналам положения определить, какой из механизмов остановился первым, а для отыскания причины остановки именно это знать важно. Пример очень простой схемы, фиксирующей механизм, отключившийся первым, дает рис. 9.13,д.

Действительно, если все механизмы работают, то контакты $K10$ и $K12$ разомкнуты и в цепи тиратронов $E10$ и $E12$ введены резисторы $R10$ и $R12$, обладающие большими сопротивлениями: в тиратронах поддерживается тлеющий разряд. Достаточно

одному из механизмов остановиться, как соответствующий ему резистор окажется закороченным и тиратрон станет ярко светиться. При этом напряжение между шиной + и 0 резко понизится, благодаря чему остальные тиратроны зажегся уже не смогут, что и требуется.

9.7. Простейшие схемы автоматизации

Есть процессы, которые автоматизируют сразу, без каких-либо промежуточных этапов. Типичный пример: отключение электроустановок при КЗ, зажигание горючей смеси в цилиндрах автомобильных двигателей, регулировка температуры в холодильниках и т. п. Автоматика здесь настолько органически связана с процессом, что ее никогда не называют автоматикой.

В других случаях автоматику до поры до времени не вводят, ограничиваясь простейшими способами управления и блокировки. Так, например, было в начале развития железных дорог с управлением стрелочными переводами и сигнализацией о том, что перегон свободен (движение разрешается) или занят (движение запрещается). Приводы стрелочных переводов даже запирали на замки. Но с течением времени обстановка менялась. "Дедовские" методы управления и сигнализации становились тормозом: пришлось переходить к автоматизации. Так произошло, кстати, на метрополитене, где условия эксплуатации вынудили сразу вводить автоблокировку и диспетчерскую централизацию.

В некоторых случаях без автоматики вроде бы и обойтись можно, но однако невыгодно. Докажем это, возвратившись к примеру, рассмотренному выше (см. рис. 8.9). В этом примере речь шла о поддержании уровня воды в резервуаре в за-

данных пределах. Исторически дело развивалось примерно так. Первый этап. Время от времени уровень проверяли по водомерному стеклу и включали или отключали рубильником двигатель насоса. Второй этап. Установили датчики уровня, по сигналам которых включали или отключали рубильником двигатель. Третий этап. Рубильник заменили магнитным пускателем с кнопочными выключателями "Пуск" и "Стоп". Четвертый этап. Поскольку действия однозначно определены: мало воды — надо электродвигатель включать, много — отключать, процесс автоматизировали. Получилось проще, надежнее, и человека освободили от однообразных и утомительных обязанностей.

Аналогичных примеров можно привести много: поддержание заданного давления с помощью компрессора, управление вентиляцией при изменениях температуры, опорожнение зумпфов, включение и отключение освещения территорий в зависимости от их освещенности, переключение сигналов светофоров и т. п. Рассмотрим два примера более сложных автоматических устройств.

Автоматическое включение резерва (ABP)

Упражнение 9.7

ABP насосных агрегатов (рис. 9.14). Электродвигатели $M1$ и $M2$ насосных агрегатов № 1 и № 2 включаются и отключаются магнитными пускателями $KM1$ и $KM2$ и защищены автоматическими выключателями $QF1$ и $QF2$ соответственно. Переключатель $SA1$ служит для выбора одного из насосов рабочим. Переключателем $SA2$ назначают режим управления: P — ремонтный; A — автоматический. Допустим насос № 1 выбран рабочим, тогда насос № 2 будет резервным, и рассмотрим работу на автоматическом

управлении. При кратковременном замыкании контакта $K1$, принадлежащего аппарату, санкционирующему автоматическое управление, по цепи 4 включается и самоблокируется магнитный пускатель $KM1$. В случае его отключения по причине, требующей АВР, по цепи 6 включается магнитный пускатель $KM2$.

Читателям рекомендуется. 1. Обосновать целесообразность введения в схему переключателя $SA1$. 2. Доказать, что схемы насосов одинаковы. 3. Выяснить назначение вспомогательных контактов $KM1$ в цепях 2, 3 и 7 (контактов $KM2$ в цепях 9, 8 и 4). 4. Решить, что нужно сделать, чтобы одновременно включить оба насоса. 5. Перечислить операции, которые произойдут при КЗ в точке, обозначенной красной стрелкой. 6. Как видно из схемы, цепи управления питаются независимо от силовых цепей. Каким же образом обеспечивается нулевая защита? 7. Каким образом можно в режиме автоматического управления остановить работающий двигатель и что произойдет после его остановки? Рассмотреть два случая: а) переключатель $SA2$ остался в позиции O ; б) возвращен в позицию A .



Ответы

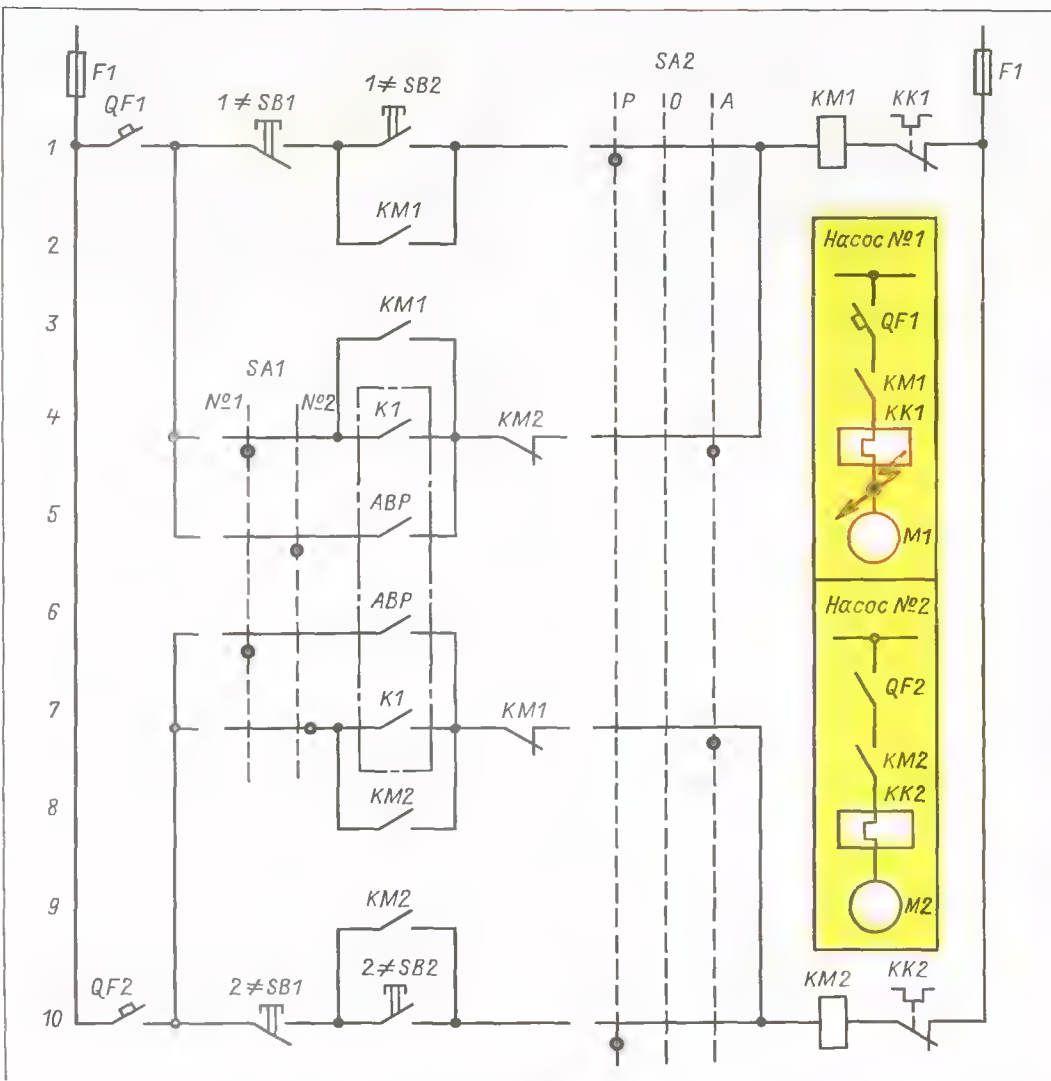
1. Переключатель $SA1$ даст возможность равномерно изнашивать насосные агрегаты. Например, в мае работает агрегат № 1, а агрегат № 2 его резервирует, в июне работает агрегат № 2.

2. Сопоставление схем показывает, что они по существу одинаковы, несмотря на то, что показаны в зеркальном изображении.

3. Контакты в цепях 2(9) и 3(8) служат для самоблокировки магнитных пускателей, а в цепях 4(7) исключают в режиме автоматического управления одновременное включение обоих насосов.

4. Нужно перевести переключатель $SA2$ в режим ремонтного управления, так как в этом режиме магнитные пускатели не заблокированы, так как в цепях 1 и 10 нет взаимно исключających вспомогательных контактов.

5. Если работал насос № 1 и произошло КЗ в точке, отмеченной красной стрелкой, то автоматический выключатель $QF1$ отключится. Его вспомогательный контакт в цепи 1 разомкнется и отключит магнитный пускатель $KM1$. Контакт $KM1$ в цепи 7 замкнется. А когда вследствие ухудшения режима (из-за того, что насос № 1 перестал работать) сработает реле АВР, оно по цепи 6 включит резервный насос.



6. Нулевая защита обеспечивается вспомогательным контактом $QF1$ в цепи 1 ($QF2$ в цепи 10), но она действует только при отключении автоматического выключателя. Если же с шин снято напряжение, то нулевая защита бездействует. Это значит, что при восстановлении напряжения произойдет самовключение двигателя, что для насосных установок в ряде случаев желательно.

Рис. 9.14. Автоматическое включение резерва. К упражнению 9.7

7. Остановить двигатель можно, переведя переключатель $SA2$ в позицию O . Если он в этой позиции останется, то схема перестанет работать. Если же его возвратить в позицию A , то при срабатывании реле ABP включится резервный насос.

На рис. 9.14 показана сравнительно простая схема АВР. Гораздо сложнее схемы многоступенчатого замещения — типичный случай рассмотрен в примере 10.10.

Схемы АВР — их часто называют схемами автоматического замещения — чрезвычайно широко распространены в устройствах электроснабжения, автоматики, осветительных установках.

Автоматическое повторное включение (АПВ)

Автоматическое повторное включение линий, пожалуй, самое распространенное автоматическое устройство. Оно может выполняться с помощью различных технических средств, но независимо от них удовлетворяет следующим основным требованиям: а) однократность включения на поврежденную линию; б) неограниченное число включений, если линия исправна, но отключалась из-за перегрузки, или же если после отключения причина отключения самоустранилась (например, наброс на ВЛ).

выключатель отключается. Его замыкающий вспомогательный контакт размыкается, а размыкающий замыкается. В результате образуется новая цепь 4-6 (зеленая стрелка). По ней конденсатор разряжается на катушку промежуточного реле $K1$. Реле срабатывает и по цепи 7-8 включает промежуточный контактор $KM1$: выключатель включается (цепь 1-2).

Однако возможны два случая, при которых схема работает по-разному.

1. Повреждение устойчиво: выключатель, включившийся от действия АПВ, тотчас отключается защитой и больше включаться не должен. Иными словами, необходимо обеспечить *однократность* действия.

2. После отключения от защиты повреждение устранилось. В этом случае включившийся от действия АПВ выключатель остается включенным, а устройство АПВ должно снова подготовиться к следующему действию.

Докажем, что эти требования удовлетворяются, причем с помощью весьма простых средств, выполним упражнение 9.8.



Пример 9.16

На рис. 9.15 приведен основной узел АПВ выключателя $Q1$. Подчеркнем сразу же, что это не полная схема, а только ее фрагмент, необходимый для иллюстрации принципа действия.

В нормальном режиме выключатель $Q1$ включен. Его вспомогательный замыкающий контакт в цепи 3-4 замкнут, а размыкающий в цепи 3-6 — разомкнут. Конденсатор $C1$, зарядившийся при включении выключателя (красная стрелка), полностью заряжен.

При срабатывании защиты замыкается контакт $K1F$ (синяя стрелка) и включает отключающий электромагнит $YA2$ привода:



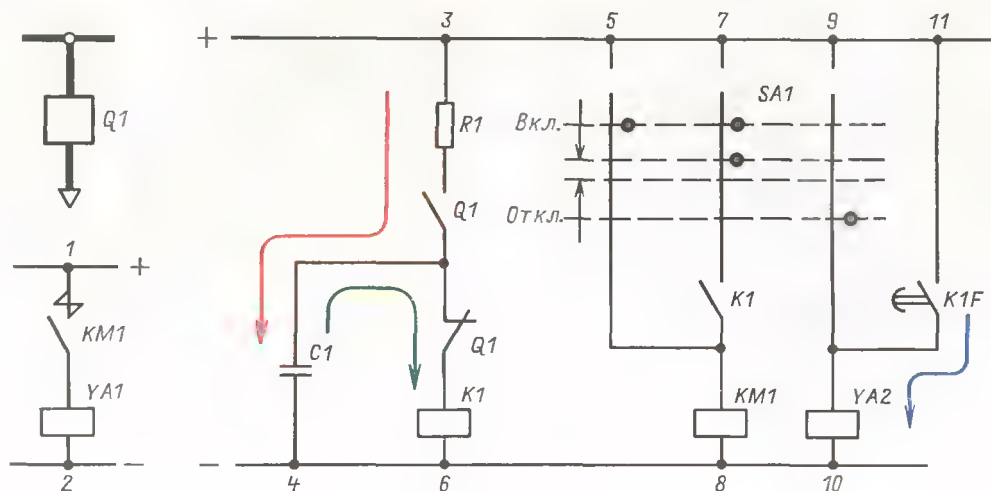
Упражнение 9.8

Ответить на вопросы. 1. Каким условиям должны удовлетворять параметры конденсатора $C1$ и резистора $R1$? 2. На что указывают стрелки в обозначении переключателя $SA1$? 3. По какой цепи преднамеренно отключают выключатель? Благодаря чему при преднамеренном отключении не действует АПВ и верно ли это? 4. По какой цепи преднамеренно включают выключатель?



Ответы

1. Емкость конденсатора должна быть достаточно велика, чтобы запасенной им энергии хватило для надежного срабатывания реле $K1$ и удерживания его притянутым столько вре-



мени, сколько необходимо для включения выключателя. Сопротивление резистора должно быть достаточно велико, чтобы конденсатор полностью заряжался не менее 15 с. Именно такое большое время обеспечивает однократность действия АПВ. Дело в том, что после включения выключателя от действия АПВ вновь образуется цепь 3-4 заряда конденсатора. Но она будет замкнута всего 1-3 с (уставка реле защиты), а затем защита сработает, выключатель отключится и, следовательно, заряд конденсатора прекратится задолго до его полного завершения. А это значит, что конденсатор не сможет накопить достаточной энергии для последующего действия АПВ, что и требуется, т. е. будет обеспечена однократность включения.

Иное дело, если повреждение устранено. В этом случае защита после повторного включения не сработает, выключатель будет включен долго, благодаря чему конденсатор успеет полностью зарядиться. Следовательно, АПВ подготовится к следующему действию.

2. Стрелки указывают на то, что из позиции *Включить* переключатель возвращается в позицию *Включено*, а из позиции *Отключить* — в позицию *Отключено*.

3. По цепи 9-10 при этом в цепи 7-8 образуется разрыв на контактах переключателя SA1, благодаря чему реле K1 не может включить KM1. (В поз. *Отключено* на штриховой линии нет жирной точки, а это значит, что контакт переключателя разомкнут.)

4. По цепи 5-8.

Рис. 9.15. Автоматическое повторное включение. К примеру 9.16 и упражнению 9.8



Пример 9.17

Примерно такие же результаты получают, используя реле с замыкающим импульсным контактом, что даст возможность обеспечить интервал 5-7 с между отключением выключателя и импульсом на его включение. Этот интервал нужен в устройствах АПВ линий, питающих контактные сети пригородных железных дорог, метрополитенов и т. п., одним словом, в условиях, когда наиболее вероятной причиной автоматического отключения является не повреждение сети, а перегрузка из-за совпадения пусковых токов нескольких поездов. За время интервала пусковые схемы поездов успевают возвратиться в исходное положение, а это значит, что повторное включение происходит при введенных пусковых резисторах, т. е. когда перегрузка исключена.

Еще через несколько секунд замыкается другой контакт реле. Если к этому времени выключатель еще включен — значит, он отключился от перегрузки, поэтому схема АПВ подготавливается к повторному действию. Если же выключатель уже отключился — значит, сеть повреждена: действие АПВ приостанавливается.

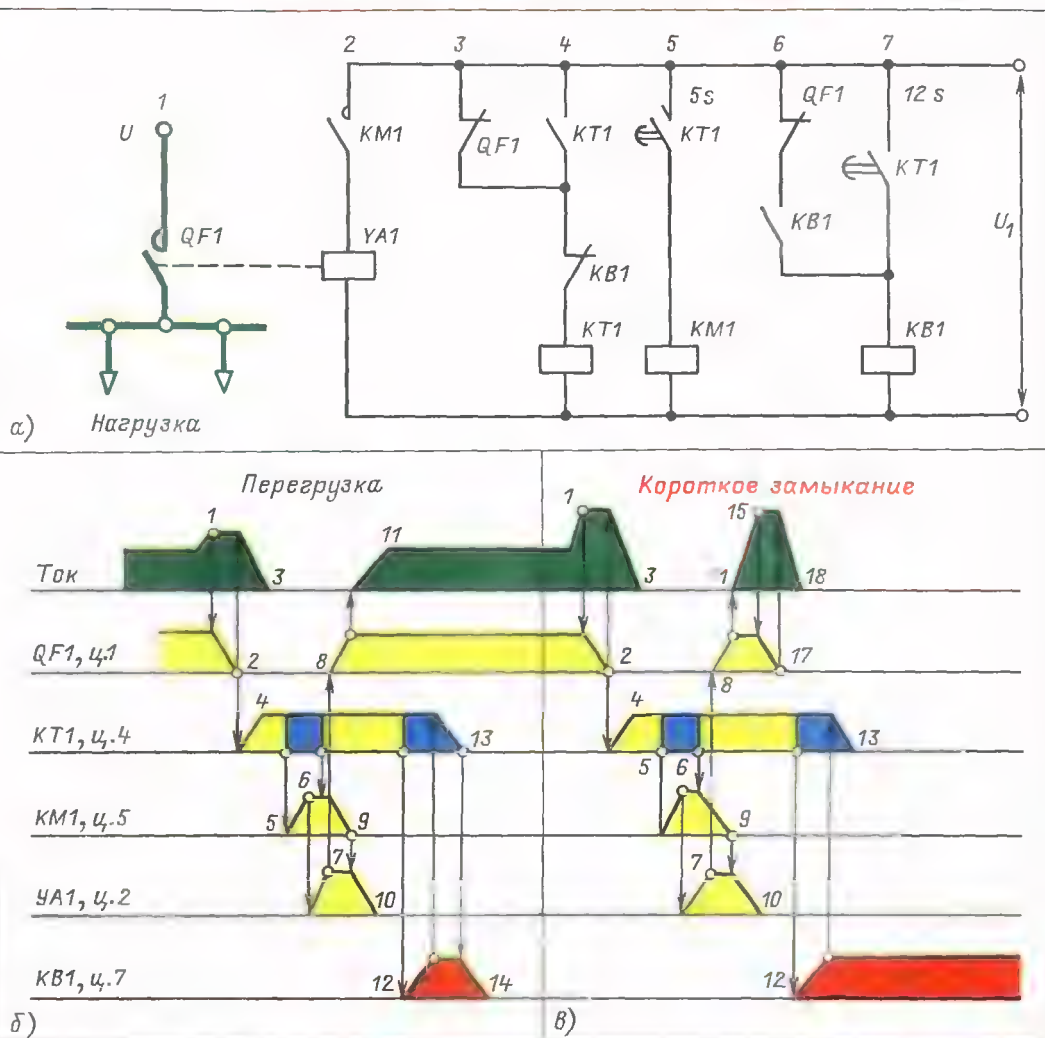


Рис. 9.16. Автоматическое повторное включение линии, питающей контактную сеть. К примеру 9.17

Схема управления автоматическим выключателем $QF1$, питающим контактную сеть, приведена на рис. 9.16, а. Диаграмма взаимодействия построена для режима перегрузки (рис. 9.16, б) и при КЗ (рис. 9.16, в).

Действие схемы при перегрузке. Итак, в результате возрастания нагрузки (точка 1

на диаграмме) выключатель $QF1$ отключается (точка 2) и питание контактной сети прекращается (точка 3). Вспомогательный контакт $QF1$ в цепи 3 замыкается и включает реле времени $KT1$ (точка 4).

Реле $KT1$ самоблокируется по цепи 4. Через некоторое время оно импульсным контактом в цепи 5 включает промежуточный контактор $KM1$ (точка 5), который, сработав (точка 6), по цепи 2 включает электромагнит $YA1$ привода выключателя. Привод срабатывает (точка 7), включает выключатель (точка 8): питание кон-

тактной сети восстанавливается (точка 11). Импульсный контакт в цепи 5 размыкается, отключает *KM1* (точка 9), электромагнит лишается питания (точка 10), но выключатель остается включенным. Однако реле времени продолжает работать. Через некоторое время замыкается его контакт в цепи 7 и включает реле блокировки *KB1* (точка 12). Реле *KB1* размыкает цепь 4, благодаря чему реле времени возвращается в исходное положение (точка 13) и отключает *KB1* (точка 14). Цикл закончен.

Иначе протекает работа схемы при коротком замыкании (точка 1). Вначале, до точки 11, все явления протекают так же, как при отключении от перегрузки. Но после включения выключателя (точка 11) вновь возникает ток *K3* (точка 15), выключатель немедленно отключается (точка 17) и отключает контактную сеть (точка 18). Реле времени *KT1* продолжает работать. Но ко времени замыкания контакта *KT1* в цепи 7 вспомогательный контакт *QF1* в цепи 6 уже замкнут, так как выключатель отключен. Следовательно, подготовлена цепь 6, благодаря чему реле блокировки *KB1* срабатывает (точка 12), отключает *KT1* (точка 13) и самоблокируется, т. е. остается включенным. Однако пока реле *KB1* включено, его контакт в цепи 4 реле *KT1* разомкнут, а это значит, что действие АПВ будет прекращено, что и требуется.



Пример 9.18

Действие АПВ не линий, а трансформаторов, электрических машин, электродвигателей приводов технологического оборудования и т. п. безусловно автоматически исключается, если повторное включение опасно для оборудования.

Если, например, агрегат отключился от действия газовой защиты трансформатора, питающего электрооборудование агрегата, то без соответствующих испытаний включать трансформатор нельзя.

9.8. Централизованное управление

Централизованное управление механизмами находит широкое применение; оно выполняется самыми разнообразными сред-

ствами. Рассмотрим одну из простых и в то же время многофункциональных схем. Она дает возможность выполнить несколько упражнений важных для чтения схем.

На рис. 9.17 показана схема централизованного управления небольшой поточно-транспортной системой. Ниже приведены о ней краткие сведения

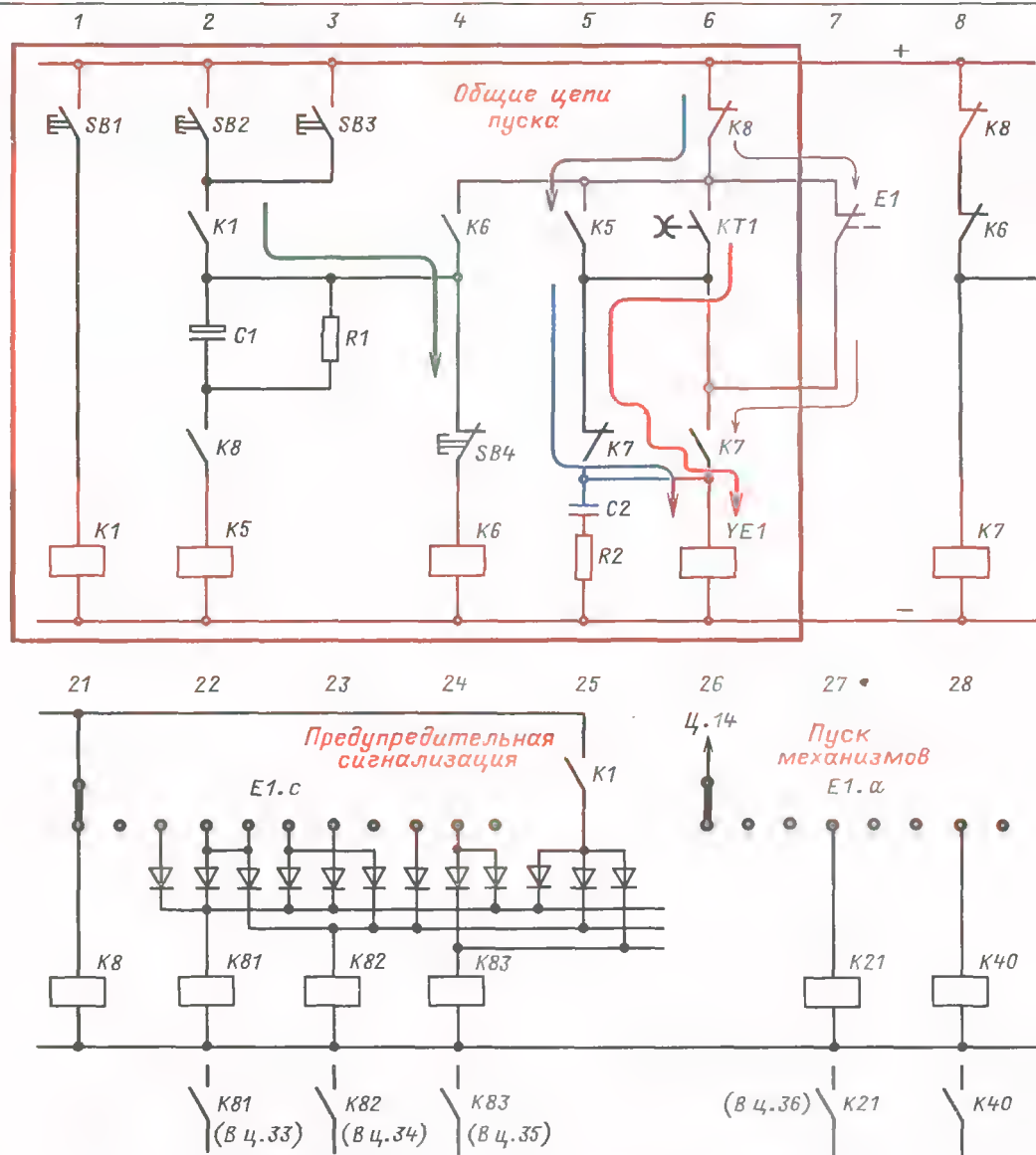
Промежуточные реле *K21–K40* пуска механизмов (цепи 27, 28) присоединены к контактному полю *E1.a* шагового искателя *E1*. Поле *E1.c* (цепи 22–25) использовано для управления промежуточными реле *K81–K83* предупредительной сигнализации. К исходной пластине поля *E1.c* присоединено реле *K8* (цепь 21), фиксирующее исходное положение искателя. Через поле *E1.d* регулируется темп работы электронного реле времени *KT1*, контакт которого в цепи 6 управляет электромагнитом шагового искателя *YE1*.

Регулирование темпа дает возможность устанавливать для каждого механизма такую длительность пускового импульса, которая обеспечивает пуск исправного механизма, но исключает затяжной пуск. Темп регулируется благодаря тому, что через ту или иную пластину контактного поля *E1.d* (в зависимости от того, какая длительность импульса необходима для включения конкретного механизма), в цепь заряда входного конденсатора реле времени *KT1** вводится один из резисторов *r1–r3*. Сопротивления их различны, благодаря чему обеспечиваются выдержки времени 5, 10 или 15 с соответственно.

Поле *E1.b* использовано для дозы пуска (см. ниже).

Для предотвращения случайных запусков оператор должен выполнить два

* Обратите внимание: реле времени – это готовое изделие, поэтому на схеме оно изображено просто прямоугольником. Замедление достигается за счет времени, необходимого для заряда конденсатора, находящегося внутри реле.



действия: нажать кнопочный выключатель $SB1$ "Сигнал" и $SB2$ "Пуск" или $SB3$ "Допуск". Длительность нажатия кнопки выключателя безразлична, так как начинающее реле $K5$ (цепь 2) срабатывает от

зарядного тока конденсатора $C1$ (200–300 мкФ), а заряженный конденсатор постоянный ток не проводит. Следовательно, сколько бы ни держали кнопку нажатой, реле $K5$ сработает и отпустит.

ной синей стрелкой, поступает импульс: щетки совершают первый шаг. Реле *K8* отпускает и замыкает контакты в цепях 6 и 8. Включившееся реле *K6* (цепь 4, зеленая стрелка) самоблокируется, включает реле *KT1* (цепь 14), размыкает контакт в цепи 8 и подает питание на щетку *E1.a*. Реле *K7* включиться не может. Поэтому импульсы в электромагнит поступают только через контакт реле *KT1* (красная стрелка).

После завершения цикла реле *K8* срабатывает (цепь 21), его контакт размыкает цепь 6: щетки останавливаются в исходной позиции.

Пуск отменяют кнопочным выключателем *SB4* "Отмена", отключая реле *K6* (цепь 4).

При отмене щетки могут остаться на любой пластине. Чтобы их привести в исходную позицию, нужно включить реле *K7*, а оно по цепи 8 включается автоматически (контакт *K8* замкнут, а контакт *K6* после возврата реле *K6* замкнулся). После срабатывания реле *K7* щетки передвигаются самоходом, так как импульсы в электромагнит поступают от самопрерывателя *E1* — черные стрелки (самопрерыватель — это контакт с механическим приводом, он размыкается, когда якорь электромагнита *YE1* притягивается, и вновь замыкается при возврате якоря).

Дозапуск выполняется кнопочными выключателями *SB1* и *SB3*. Он отличается от обычного пуска тем, что пластины, соответствующие уже включенным механизмам, щетки быстро проходят самоходом (за 1–2 с), а затем переходят в нормальный темп.

Схема централизованной остановки аналогична. В ней используется другой искатель — *E2*.

На рис. 9.17 показано только одно его контактное поле, а именно *E2.a*; к нему присоединены реле *K59–K70*.



Пример 9.19

Иллюстрируем реализацию приемов, значительно облегчающих чтение сложных схем. 1. Приводят поясняющую схему технологического процесса. 2. Из всех схем, на которые в схеме сделаны ссылки, по типу "В схему ..." делают выборки и дополняют ими данную схему, чтобы были видны не кусочки цепей, а цепи полностью. 3. Схематически, в упрощенном виде, поясняют принцип действия устройств, на которые сделаны ссылки по типу "Из схемы ...". 4. Разделяют схему на общие и индивидуальные цепи, а общие цепи разделяют на функциональные части.

Воспользуемся рис. 9.17, чтобы показать, как все это может быть выполнено.

1. Справа, внизу, показана поясняющая схема технологического потока. Из нее явствует, что на предприятии три цеха I–III и три конвейера № 2–4, причем конвейер № 2 находится в цехах I и II, конвейер № 3 — в цехах II и III. Следовательно, сирены *HA1–HA3* — предупреждение о пуске конвейеров, должны включаться: а) сразу во всех цехах — общее предупреждение о предстоящем пуске, что осуществляется контактом реле *K1* по цепи 25; б) в цехах I и II, причем после того как конвейер № 2 начнет работать, сирена *HA1* в цехе I отключается, а сирена *HA2* в цехе II продолжает работать. Она отключится только после начала работы конвейера № 3; в) сирена *HA3* включится до начала пуска конвейера № 3 и отключится после пуска конвейера № 4.

2. В схему сирен введены контакты реле *K81–K83*, а они включаются через соответствующие пластины контактного поля *E1.c* (цепи 22–24). Чтобы все сирены не включились одновременно, цепи катушек реле *81K–83K* разделены диодами. Про-

следим цепь sireны *HA2*. Ею управляет контакт реле *K82*, у изображения которого в скобках написано (ц. 23). А на схеме у изображения этого же контакта указан номер цепи, в которую он входит: В ц. 34.

3. В цепи 11–12 введены контакты реле повторителя датчика скорости *BV* ... , а под ними дано пояснение, из которого явствует, что в датчике *B* происходит преобразование значений скорости *v* в пропорциональное ей значение напряжения *U*, как, например, в тахогенераторе. Датчик соединен с устройством *A* ..., контакты которого введены в цепи 11(12) и 37. Естественно, возникают вопросы, зачем в этих цепях контакты? В цепях 11 и 12 они нужны затем, чтобы пластины, относящиеся к уже включенным механизмам (что характеризуется замкнутыми контактами), щетки проходили самоходом — б ы с т р о. А относящиеся к механизмам, которые надо еще дозапускать, — в н о р м а л ь н о м темпе. Контакт в цепи 37 размыкается при потере механизмом скорости и отключает контактор *KM4* (см. упрощенную схему включения двигателя *M4*), осуществляя таким образом защиту и блокировку.

4. В схеме есть: а) о б щ и е цепи пуска, дозпуска, регулирования темпа движения; б) и н д и в и д у а л ь н ы е цепи пуска (остановки) механизмов; в) г р у п п о в ы е цепи предупредительной сигнализации. Рассматривать надо сначала общие цепи, и только убедившись в том, что они правильны, можно поочередно переходить к групповым и индивидуальным цепям. Таких цепей много, но они повторяются, а следовательно, не усложняют принципиальную схему.

Важное замечание. Сказанное в п. 4 отнюдь не досужие рассуждения. В устройстве телемеханики, например, из четырех сотен реле только 15–20 являются общими. Среди них 4–6 — основные (осуществляющие селекцию), а у основных

1–2 контакта требуют особого внимания, ибо их нарушение прерывает связь между передающим и приемным пунктами, т. е. полностью выводит устройство из строя.



Пример 9.20

Покажем, как оценивают возможность исключения из схемы аппаратов, которые могут показаться лишними.

1. Чтобы решить, можно ли исключить реле *K1*, следует: а) выяснить, в какие цепи и с какой целью введены его контакты (цепь 2 предотвращает пуск при случайном нажатии *SB2* "Пуск" или *SB3* "Дозапуск". По цепи 25 в цеха подается предупредительная сигнализация); б) оценить, нет ли каких-либо временных зависимостей или особых условий, выполнение которых обеспечивается с помощью реле *K1*, т. е. установить принципиальную возможность его исключения. В нашем примере такая возможность есть; в) определить, чем можно заменить реле *K1*. Оно является повторителем кнопочного выключателя *SB1*, следовательно, контакты реле можно заменить контактами переключателя; г) выяснить возможность такой замены, т. е. подсчитать, хватит ли контактов *SB1*; д) если замена возможна, то надо посмотреть, что она за собой повлечет. В данном случае вместо одного провода (от *SB1* до катушки *K1*) придется проложить четыре провода — по два от каждого контакта.

2. Если исключить промежуточные реле *K21–K40* (цепи 27, 28) пуска механизмов, то пусковые импульсы на магнитные пускатели придется подавать непосредственно через щетки искателя. Это недопустимо по трем причинам: а) изоляция контактного поля не рассчитана на 220 В; б) ток, который могут пропускать щетки искателя, как правило, меньше тока включения маг-

нитного пускателя; в) цепь управления каждым двигателем защищена своим автоматическим выключателем. Значит, даже при условии достаточно высоких изоляции и коммутационной способности искателя не л ь з я через его щетки с в я з ы в а т ь цепи управления различных электроприводов.



Пример 9.21

Рассмотрим возможность исключения и объединения контактов. Рассмотрим реле $K8$. Оно должно б ы с т р о срабатывать, иначе не успеет остановить щетки в исходной позиции. Поэтому естественно стремление наладчиков реле $K8$ разгрузить, т. е. попытаться объединить контакты в цепях 6 и 8 и исключить контакт в цепи 2. Объединить контакты в цепях 6 и 8 можно, но при условии, что контакты реле $K6$ в цепях 4 и 8 будут п е р е к л ю ч а ю щ и м и. Это требование вытекает из необходимости безусловного разделения цепей катушек реле $K6$ и $K7$. Исключить (шунтировать) контакт реле $K8$ в цепи 2 нельзя, так как он предотвращает п а р а з и т н ы й з а р я д конденсатора во время рабочего хода искателя по цепи 6 (через замкнутые контакты $K8$, $K6$ и катушку $K5$). При отсутствии этого контакта реле $K5$ может ложно срабатывать несколько раз, что нарушит рабочий темп движения щеток.



Пример 9.22

Покажем, что возможность замены элементов определяется их назначением и условиями работы.

1. Конденсатор $C1$ должен иметь настолько большой зарядный ток, чтобы от него могло сработать реле $K5$. А так как от других частей схемы конденсатор отделен контактами и, кроме того, зашунтирован разрядным резистором $R1$, можно не опасаться побочных явлений, связанных с большой емкостью (200–300 мкФ).

2. Конденсатор $C2$ и резистор $R2$ входят в искрогасительный контур, поэтому их параметры — емкость и сопротивление — с т р о г о о п р е д е л е н ы.

3. Реле $K6$ и $K7$ могут быть любыми, если они имеют подходящее номинальное напряжение и достаточное количество контактов. Но реле $K8$ должно б ы с т р о срабатывать. Поэтому срабатывающее относительно медленно кодовое реле не годится.

4. Промежуточные реле пуска ($K21$ – $K40$) и остановки ($K51$ – $K70$) должны иметь изоляцию и коммутационную способность, соответствующие цепям управления электроприводами, и исполнения, отвечающие условиям среды, в которых реле устанавливаются.

Схемы централизованного управления выполняются с помощью многоконтактных программных реле времени, релейных или электронных распределителей, чередующихся импульсов, и т. п.

Скрытые ошибки в схемах. Ложные цепи

10.1. Принципиальные положения

Ошибки в схемах, которые обнаруживаются при наладке, устраняют до начала эксплуатации. Но чаще они до поры до времени скрыты. Их последствия проявляются не сразу и притом обычно в самое неподходящее время. Нужно, например, ввести резерв, а выключатель не включается из-за того, что составитель схемы ошибся при выборе сечения проводов, питающих привод (такой случай рассмотрен в примере 8.16). Другой пример: отключала электрическая защита, так как в оперативных цепях когда-то перегорел предохранитель, но сигнал своевременно не сработал; его ошибочно присоединили к тем же предохранителям, неисправность которых он должен контролировать. Недостатками в схемах, обеспечивающих электропитание, дело не ограничивается.

Типично возникновение ложных цепей, т. е. таких цепей, которые не предусмотрены составителем схемы. В результате вместо одного сигнала могут появиться несколько. Более того, вместо сигнала "включено" возникает сигнал "отключено" и т. п. Не вдаваясь в детали — они рассмотрены ниже — подчеркнем, что ложные цепи могут иметь место по ряду совершенно различных причин, например: а) нарушение изоляции между проводниками различных цепей; б) емкост-

ные связи, причем они опасны не только в установках переменного тока, но и при постоянном токе; в) перегорание какого-либо предохранителя или незамыкание контакта. В результате с участка цепи снимается фиксированный потенциал ("плюс", "минус", "фаза", "нейтраль"), а проводник обращается в шинку, по которой проходит ток ложной цепи; г) перераспределение токов и напряжений между электроприемниками. Например, одна группа ламп оказывается соединенной последовательно с другой, а группы неодинаковы, поэтому одни лампы горят тускло, другие — перегорают. Еще пример: ток в электроприемник поступает не только по той цепи, которая предусмотрена, но и по другой, а контакт в ней выходит из строя, так как он не рассчитан на такой большой ток (типичный случай рассмотрен в примере 10.8).

Ошибки другого рода объясняются несогласованностью времен действия как отдельных аппаратов, работающих совместно, так и между устройствами в целом. Причем несогласованность проявляется, как правило, не в установившихся режимах (тактах), т. е. когда переключения уже завершились, а в переходных режимах в процессе переключений.

Третья группа ошибок состоит в том, что составитель схемы полагает цикл пере-

ключений завершённым тогда, когда достигнут заданный оперативный результат, например когда в результате действия АПВ включился выключатель. На самом же деле цикл можно считать законченным только после того, как аппаратура подготовлена к следующему действию.

В предыдущих главах уже были показаны некоторые приемы выявления ошибок в схемах. Здесь будут рассмотрены и систематизированы наиболее распространенные ошибки и показаны приемы их выявления.

10.2. Неудачное расположение контактов

Неудачное расположение контактов в схеме может привести как к ложному соединению рабочих цепей с чужими (которые в данном режиме не должны работать), так и к косвенному размыканию чужих цепей.

Соединения, вызывающие ложные срабатывания



Пример 10.1

На рис. 10.1,а показана оперативная схема (об оперативных схемах см. § 5.1, рис. 5.2) распределительного устройства с двумя системами шин I и II. От шин отходят четырнадцать линий. Каждая линия может быть присоединена к той или иной системе с помощью шинных разъединителей: 1 — на первую систему, 2 — на вторую. Выключатели: 3 — линейные, 4 — шинносоединительный (ШСВ). Синие прямоугольники 5 условно обозначают комплекты защиты линий. В нашем примере показаны две линии — № 3 и 14. Линия № 3 (и аналогично линии № 1, 2, 4—13)

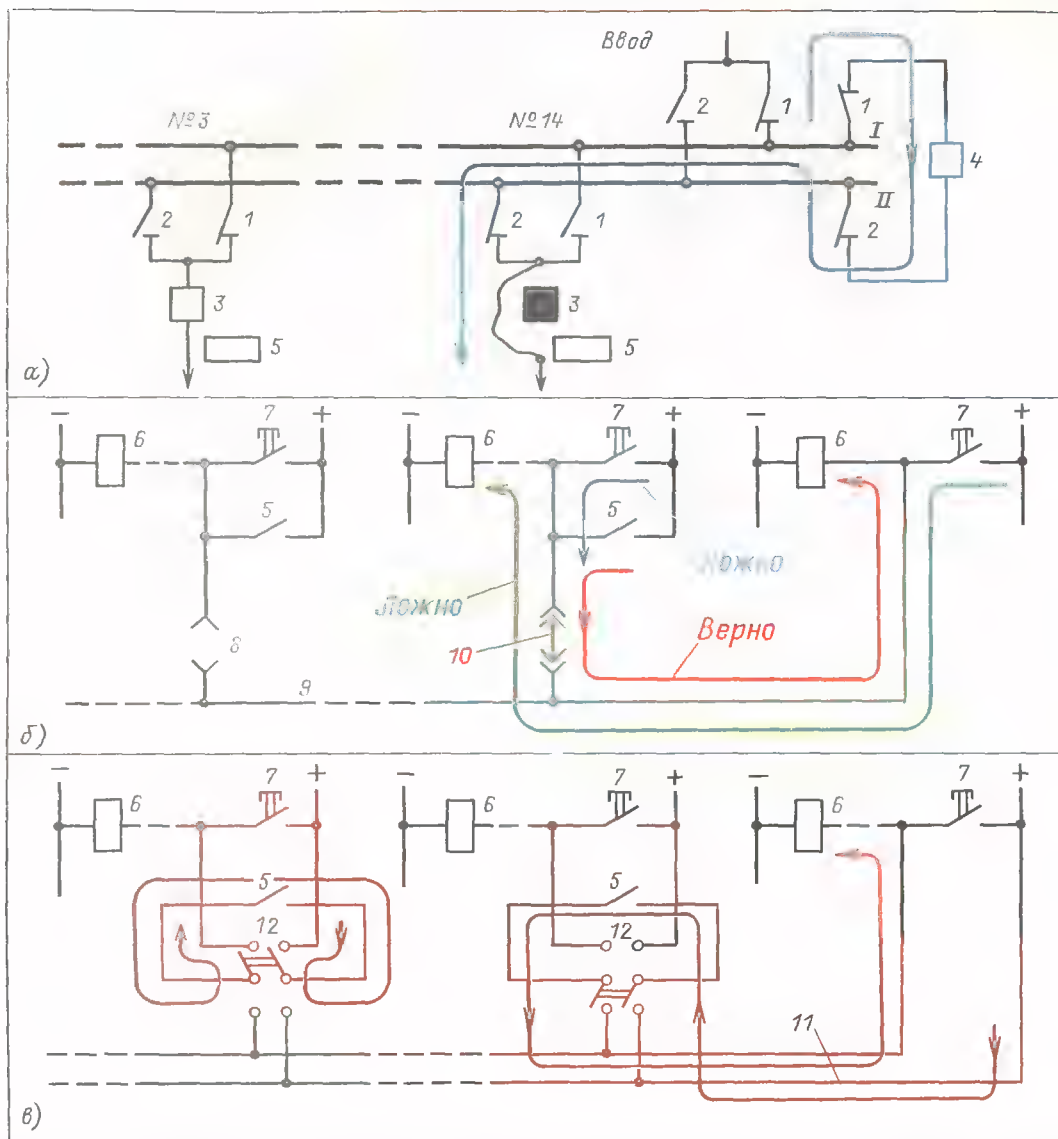
получают питание с первой системы шин, к которой присоединен ввод. Выключатель линии № 14 выведен в ремонт, он отключен (зачернен) и отсоединен, а линия питается через временную перемычку со второй системы шин через шинносоединительный выключатель (ШСВ) — см. на рис. 10.1,а синюю стрелку.

Естественно, что защита линии № 14 должна действовать, в данном случае на отключение ШСВ.

Схема перевода действия защиты линий, выключатели которых временно выведены из работы, показана на рис. 10,б. Здесь: 6 — отключающие электромагниты приводов, 7 — кнопочные выключатели "Отключить", 5 — контакты реле защиты, 8 — гнезда разъемов, 9 — шлейф, соединяющий нижние (по схеме) гнезда с цепью отключения ШСВ, 10 — вилка, штифты которой закорочены. В нашем случае вилка вставлена в гнезда, относящиеся к линии № 14, благодаря чему при срабатывании защиты этой линии отключится ШСВ, что и требуется. Цепь отключения показана красной стрелкой.

Недостатки схемы: а) оперативные цепи линии № 14 связаны с цепями ШСВ; б) на отключение действует не только защита (это верно), но и кнопочный выключатель 7 линии № 14, из-за чего при опробовании привода выключателя линии № 14 во время ремонтных работ по ложной цепи будет ошибочно отключен ШСВ — синяя стрелка; в) если после обратного перевода питания линии на рабочий выключатель вилка ошибочно останется вставленной в гнездо, то при отключении ШСВ (например, при опробовании резерва) по "обратной" ложной цепи будет отключена и работающая линия — зеленая стрелка.

Для выявления ложных цепей нужно мысленно проследить все возможные пути тока от одного полюса к другому через параллельно соединенные контакты (в данном примере 5 и 7) и в прямом направле-



нии (от цепей привода линии к цепям ШСВ), и в обратном, т. е. от цепей ШСВ к цепям привода.

Схему легко и исправить. Для этого надо соединители 8 заменить на переключатели 12 и проложить провод 11 (рис. 10, в).

Рис. 10.1. Ложные цепи через шину, образующуюся при переключении действия защиты, ремонтируемого линейного выключателя 3 на шинах соединительный 4. К примеру 10.1, в котором показано связь между оперативными цепями обоих выключателей через закороченную вилку. Ошибочное отключение защиты. К примеру 10.4

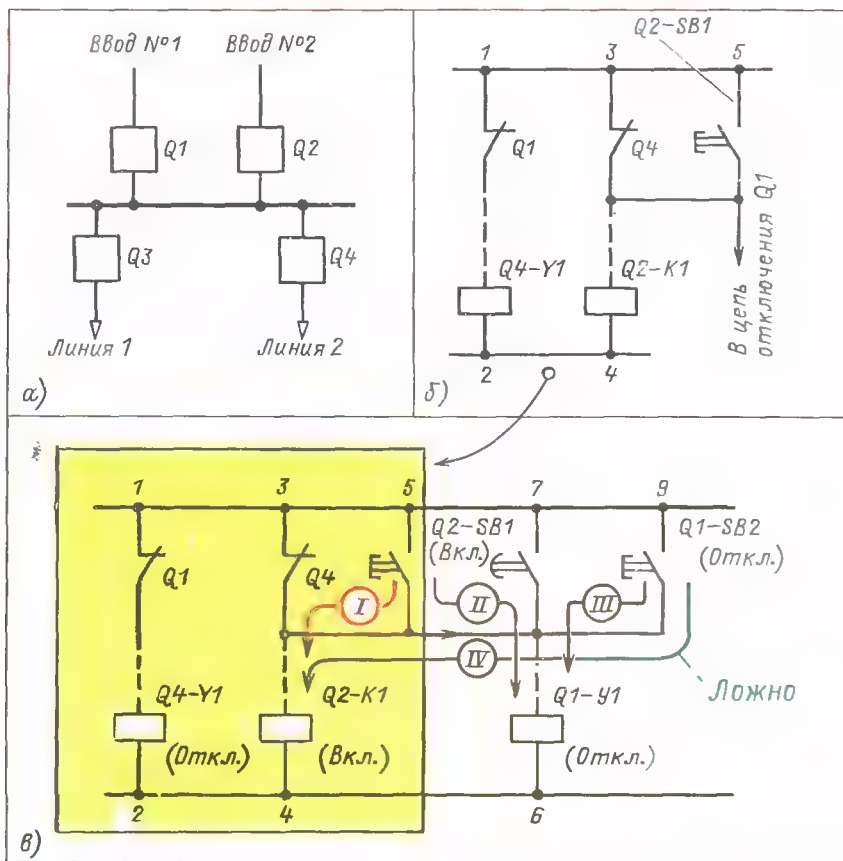


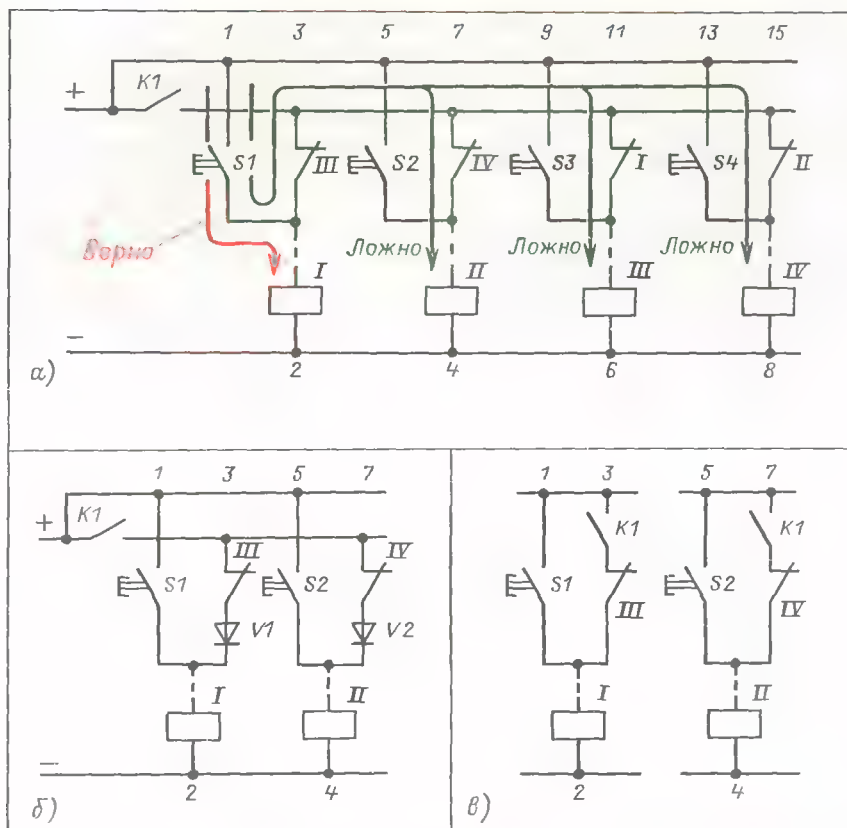
Рис. 10.2. Ложные цепи, не обнаруженные в процессе проектирования из-за недостаточно полного изображения схемы. К примеру 10.2

Тогда защита линии № 3 действует только на привод ее выключателя (переключатель включен вверх, по схеме), а защита линии № 14 — только на привод ШСВ (рубильник включен вниз).

Пример 10.2

На рис. 10.2,а показаны шины, нормально питающиеся от мощного ввода № 1. В аварийном режиме питание пере-

дится на ввод № 2, который а) имеет ограниченную мощность и б) не может работать параллельно с вводом № 1. Для удовлетворения этих условий была составлена схема рис. 10.2,б, действие которой сводится к следующему. При отключении выключателя $Q1$ его вспомогательный контакт по цепи 1-2 отключает выключатель $Q4$ с помощью отключающего электромагнита $Q4-Y1$, чем достигается разгрузка шин. Затем вспомогательный контакт $Q4$ по цепи 3-4 включает промежуточный контактор $Q2-K1$, включающий в свою очередь выключатель $Q2$ (не показано). Во избежание включения $Q2$ кнопочным выключателем $Q2-SB1$ по цепи 5-4 при



включенном выключателе $Q1$ (что по условию недопустимо) на рис. 10.2,б стрелкой показана необходимость присоединить кнопочный выключатель $Q2-SB1$ к цепи отключения $Q1$. На первый взгляд все верно. Действительно, если при включенном $Q1$ по ошибке кнопочным выключателем $Q2-SB1$ включают $Q2$ (цепь 5-4, стрелка I на рис. 10.2,в), то это же действие приводит к отключению $Q1$ по цепи 5-6, стрелка II. Это верно.

Если же, не ограничиваясь стрелкой на рис. 10.2,б, изобразить схему полностью (см. рис. 10.2,в), то обнаружится ложная цепь 9-4 (стрелка IV), из-за которой не удастся снять напряжение с шин. Эта цепь

Рис.10.3. Ложные цепи через шинку, образующуюся пока общий контакт разомкнут, а индивидуальные контакты замкнуты. К примерам 10.3 и 10.13

возникнет, когда с целью отключения $Q1$ по верной цепи 9-6 (стрелка III) нажмут кнопочный выключатель $Q1-SB2$; при этом по ложной цепи 9-4 включится $Q2$.



Пример 10.3

На рис. 10.3,а дан фрагмент схемы, автоматически обеспечивающей работу двух

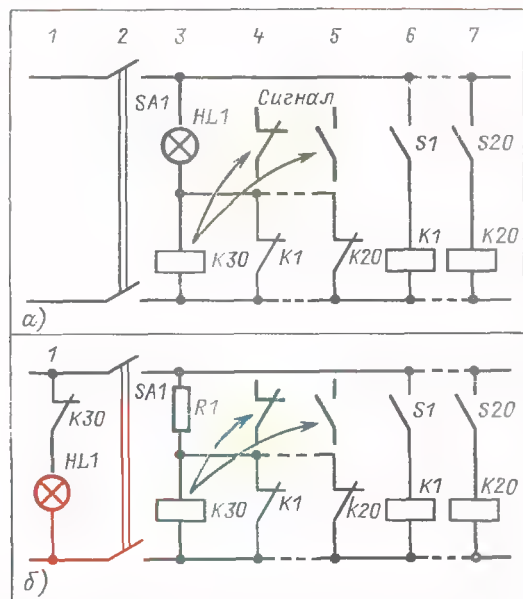


Рис. 10.4. Косвенное размыкание чужой цепи, вызывающее неправильную сигнализацию. К примеру 10.5

из четырех агрегатов, условно обозначенных цифрами I–IV. Схема по замыслу ее составителя должна работать следующим образом. В начале кнопочными выключателями S1–S4 (или с помощью телемеханики) включают два агрегата: I и II, или II и III, III и IV, или IV и I (но не I и III и не II и IV). После завершения цикла включения агрегатов, например II и III в цепях включения двух других, в данном примере I (цепь 3-2) и IV (цепь 15-8), размыкаются вспомогательные контакты III и II. Затем (т. е. после того как агрегаты уже включены) включают реле K1, подготавливающего схему автоматического ввода резерва. Эта схема действует следующим образом. При отключении одного из работавших агрегатов, например III, в цепи 3-2 замыкается его вспомогательный контакт и автоматически

включает агрегат I. Иными словами, агрегат I замещает III, III–I, II–IV, IV–II.

Казалось бы, все верно, но это преждевременный вывод: надо еще проверить, не содержит ли схема ложных цепей. С этой целью поступают следующим образом.

1-й шаг. С первой по порядку операции — в данном случае с включения агрегата I выключателем S1 — рассматривают все пути, по которым ток через S1 может пройти от плюса к минусу (удобно идти по схеме слева направо или сверху вниз). В данном случае это необходимая цепь — плюс-1-2 (красная стрелка) и три ложных цепи — плюс-1-4; плюс-1-6; плюс-1-8 — зеленые стрелки.

2-й шаг. Проверяют, не замкнуты ли ложные цепи. Для этого нужно определить, в каком состоянии находятся входящие в них контакты. В данном случае контакты I–IV замкнуты (так как ни один агрегат еще не включен), а контакт K1 по условию еще разомкнут.

3-й шаг. Делают вывод: схема не годится — вместо одного агрегата I включаются все четыре.

4-й шаг. Оценивают, в чем состоит недостаток схемы. Он состоит в том, что контакт K1 находится не на своем месте. Дело в том, что до тех пор пока он разомкнут, между цепями разных агрегатов образовалась "шинка".

5-й шаг. Надо исправить этот недостаток, что может быть выполнено двумя способами: а) при наличии одного контакта K1 в цепи 3-2, 7-4, 11-6, 15-8 нужно ввести диоды V1, V2 ... (рис. 10.3,б); б) в каждую из цепей ввести по контакту K1 — рис. 10.3,в. Практически именно так и приходится делать, так как цепи разных агрегатов получают питание через разные предохранители и объединять эти цепи нельзя.

Важное замечание. Пример 10.3 иллюстрирует причины образования ложных це-

лей через шинку и показывает, как ложные цепи устранить. Но *отсутствие ложных цепей отнюдь не означает, что схема правильна*. Чтобы сделать такой вывод, необходимо проверить согласование времен, требующихся на переключения. К этому вопросу мы еще возвратимся в § 10.4, рассматривая пример 10.12.

Косвенное размыкание чужих цепей

Рассмотрим примеры косвенного размыкания чужих цепей в процессе текущих переключений.

Пример 10.4

На рис. 10.1, *а* и *б* контакты 5 принадлежат промежуточному реле или реле времени защиты, катушка которого получает питание от оперативных цепей своего выключателя. В то же время выключатель 3 линии заменяют шиносоединительным обычно в связи с ремонтными работами и при этом, естественно, снимают питание с оперативных цепей ремонтируемого выключателя. Но это равносильно отключению защиты.

Пример 10.5

На рис. 10.4, *а* показана схема сигнализации о переводе подстанции на автоматику. В нормальном режиме включены: общий выключатель *SA1* (с его помощью можно одним действием снять всю подстанцию с автоматики); индивидуальные выключатели *S1–S20*. Через них получают питание катушки реле *K1–K20* соответ-

венно, каждое из которых определяет режим управления линии или агрегата.

Если все линии и агрегаты переведены на автоматику, то контакты реле *K1–K20* (цепи 4-5) разомкнуты. Следовательно, общее реле *K30* включено, а лампа *HL1* не горит (точнее, горит очень тускло). Достаточно, однако, "снять с автоматики" любую линию (агрегат), чтобы катушка реле *K30* оказалась замкнутой. При этом реле *K30* возвратится (отпустит), а лампа *HL1* загорится ярко. Через контакты реле *K30* на пункт централизованного управления будет передан сигнал. Таким образом, горящая лампа сигнализирует перевод хотя бы одной линии (агрегата) на местное управление. Если же лампа погашена — это значит, что подстанция полностью работает в автоматическом режиме.

Однако полное снятие с автоматики выключателем *SA1* приводит к неправильной сигнализации, так как этот выключатель кроме отключения катушек *K1–K20* (что требуется) ложно отключает и лампу *HL1*, что недопустимо. Исправить схему можно, например, следующим образом: в цепь катушки *K30* нужно вместо лампы *HL1* ввести резистор *R1*, а лампу присоединить через замыкающий контакт *K30* до выключателя *SA1* — см. цепь 1 на рис. 10.4, *б*.

10.3. Перераспределение напряжений и токов

Распространенными и очень важными элементами схем являются резисторы. С помощью резисторов ограничивают ток, вводя резистор в цепь лампы, если ее номинальное напряжение ниже напряжения сети.

С помощью резисторов ускоряют срабатывание реле путем уменьшения постоянной времени цепи (см. пример 7.16).

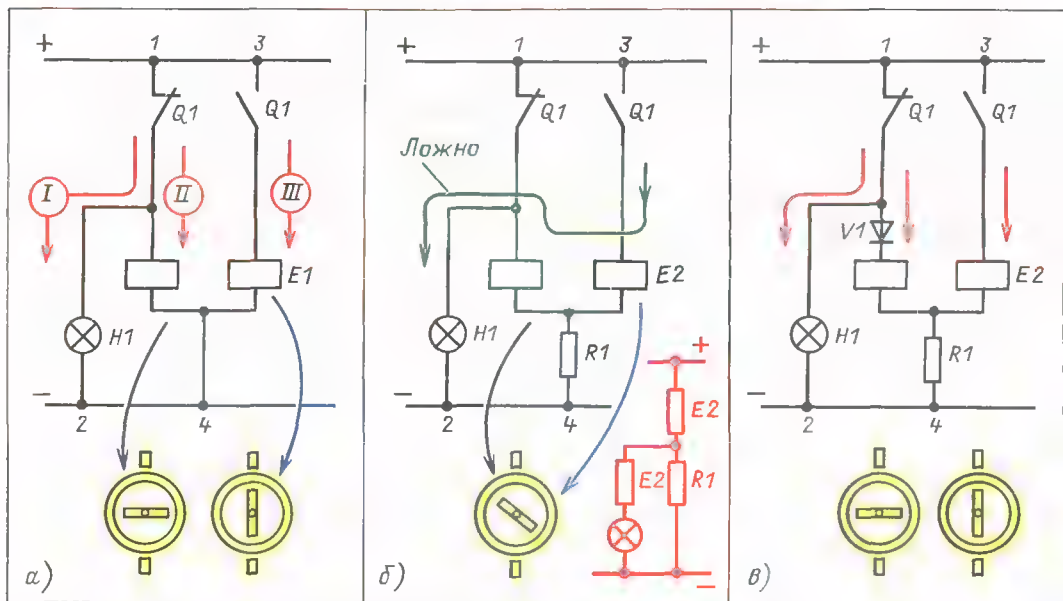


Рис.10.5. Ложные цепи из-за перераспределения токов в результате введения в схему резистора. К примеру 10.6

С резисторов "снимают" необходимое напряжение для работы полупроводниковых приборов и т. д. Резисторы широко используют в измерительной технике. Однако в ряде случаев применение такого простого и "безобидного" элемента, как резистор, может обернуться в высшей степени опасными последствиями. Докажем это на двух примерах.



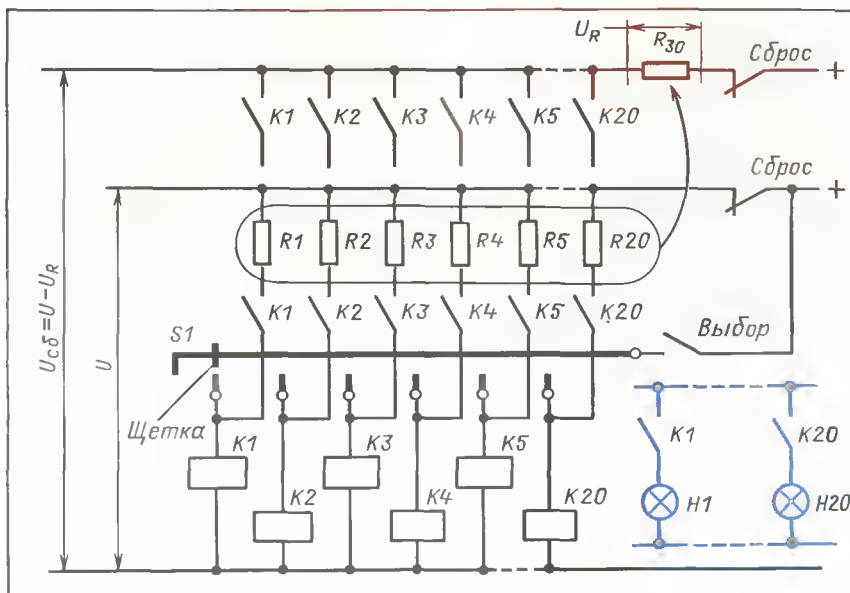
Пример 10.6

На рис. 10.5,а показана схема включения лампы $H1$ и поворотного сигнала $E1$, встроенного в мнемоническую схему (работа поворотного сигнала рассмотрена в примере 9.9). Лампа $H1$ горит, если масляный (электромагнитный, вакуумный) выключатель $Q1$ отключен и, следовательно,

но, свечение лампы является сигналом, разрешающим манипулировать разъединителями, ограждающими выключатель. Для экономии вспомогательных контактов выключателя лампы (цепь 1-2) и одна из катушек поворотного сигнала (цепь 1-4) включены через один и тот же размыкающий контакт. В схеме на рис. 10.5,а все верно: стрелка I указывает направление тока в лампе, стрелка II — в левой катушке $E1$ (выключатель $Q1$ отключен), стрелка III — в правой (выключатель включен).

Но для уменьшения размеров прибора параметры катушек изменили, что потребовало введения в их цепь добавочного резистора $R1$ (рис. 10.5,б), и тотчас образовалась ложная цепь — зеленая стрелка, из-за которой указатель поворотного сигнала $E2$ занял нейтральное положение, а лампа засветилась неполным накалом.

Причина образования ложной цепи заключается в перераспределении токов вследствие того, что последовательно с правой катушкой оказалось введенным



сопротивление резистора. Падение напряжения на нем оказалось достаточным для создания в левой катушке тока, с о и з м е р и м о г о со значением рабочего тока. Но ложное свечение лампы *разрешает* манипулировать разъединителями при включенном выключателе, что крайне опасно.

В аналогичных случаях путем простейших расчетов надо проверять значения токов, ответвляющихся в ложные цепи, оценивать последствия и, если необходимо, то предотвращать их, например путем введения в схему диода *VI* (рис. 10.5,е).

Рис. 10.6. Потеря сигналов из-за введения в цепь самоблокировки нескольких сигнальных реле общего резистора. К примеру 10.7

Сброс, размыкающий на мгновение цепи самоблокировки реле перед началом приема новой серии сигналов.

Для экономии электроэнергии в цепи самоблокировки реле введены резисторы $R1-R20$. Схема работает правильно. Затем с целью экономии заменили 20 индивидуальных резисторов $R1-R20$ одним общим резистором $R30$ (см. рисунок сверху). В результате произошло следующее (рассматривается случай приема всех 20 сигналов): включилась лампа $H1$, затем $H2$, за ней $H3$ — это правильно. Затем лампы "вдруг" погасли. Далее включились следующие три лампы и тоже погасли и т. д. В конце цикла остались включенными только две лампы — $H19$ и $H20$.

Причина этого недопустимого явления состоит в том, что при включении каждого следующего реле ток в общем резисторе



Пример 10.7

На рис. 10.6 изображены: переключатель $S1$, щетка которого, перемещаясь, может поочередно включать реле $K1-K20$; их контакты входят в цепи сигнальных ламп $H1-H20$; контакт *Выбор*, который замыкается в соответствии с заданием и включает соответствующие реле; контакт

SB1 (стрелка *I*). Затем *KM1* самоблокируется (стрелка *II*) и включает двигатель (стрелка *III*). Когда процесс включения завершается, конечный выключатель *SQ1* автоматически отключает контактор.

Обратите внимание: двигатель получает питание только через предохранитель *F2* с плавкой вставкой на 15 А, это правильно.

При управлении с диспетчерского пункта контактор *KM1* включается при срабатывании реле *K1* (стрелка *IV*) через предохранитель *F1* с плавкой вставкой на 1 А — это верно. Но двигатель получает питание по двум цепям. Одна из них правильная (стрелка *III*), а другая — ложная (стрелка *V*). По ложной цепи двигатель питается через предохранитель *F1*; последний перегорает от пускового тока, который для него слишком велик.

Чтобы исправить схему, нужно ввести в нее резистор *R1* (рис. 10.7,б). Его сопротивление в несколько ом не мешает уверенному срабатыванию контактора *KM1*, но направит ток в электродвигатель в основном через предохранитель *F2* со вставкой на 15 А, разгрузив таким образом предохранитель *F1*.

10.4. Несогласованность времен действия

В эксплуатационной практике приходится сталкиваться с неполадками, происходящими: а) в пределах отдельных схем из-за того, что какой-либо аппарат не успевает срабатывать или срабатывает больше раз, чем требуется; б) с неполадками, причинами которых являются несогласованность времени действия устройств автоматики и телемеханики, устройств автоматики с электрической защитой и т. п. Несколько примеров рассмотрены в предыдущих главах. Дополним их и систематизируем.

Несогласованность времен действия в пределах схемы, приводящая к отказам, иллюстрирует пример 10.9.



Пример 10.9

Одной из причин повреждения обмотки электродвигателя, защищенного предохранителями, является неполнофазный режим, который образуется при перегорании одного предохранителя. При этом возникает перегрузка: электродвигатель отключает тепловая защита. Есть, однако, и другие способы защиты. Один из них иллюстрирует рис. 10.8,а, где *F1* — предохранители, *KM1* — магнитный пускатель, *M1* — электродвигатель, *K1* — реле, включенное между "землей" и нейтральной точкой *N* обмоток электродвигателя, *SB1* и *SB2* — кнопочные выключатели "Стоп" и "Пуск" соответственно.

При исправных предохранителях потенциал нейтральной точки *N* практически равен потенциалу "земли". Следовательно, через катушку реле *K1* ток не проходит, а его контакт в цепи катушки магнитного пускателя *KM1* замкнут — это правильно. Если же в одной из фаз предохранитель перегорит, то потенциал точки *N* станет равным половине линейного напряжения, так как обмотки двух исправных фаз электродвигателя образуют делитель напряжения. Это отчетливо видно на схеме и векторной диаграмме (рис. 10.8,б). В результате реле *K1* сработает, его контакт разомкнет цепь катушки *KM1*, двигатель отключится и больше включиться не сможет, так как контакт самоблокировки *KM1* разомкнется и останется разомкнутым. Именно так должна действовать схема по идее ее составителя.

Но бывает, что двигатель не удается включить, так как в процессе пуска ложно срабатывает реле *K1* (ложно потому,

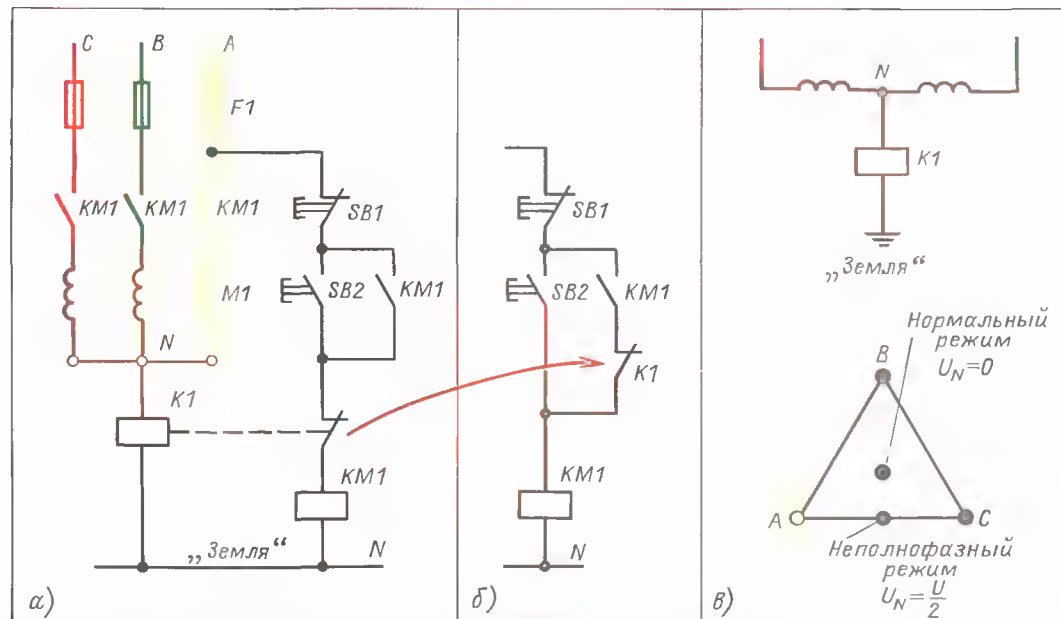


Рис. 10.8. Ложное отключение электродвигателя из-за несогласованности времени срабатывания реле неполнофазного режима с разбросом во времени замыкания контактов цепи статора. К примеру 10.9

что предохранители исправны). Причина его срабатывания состоит в неодновременности замыкания контактов $KM1$ в цепи статора, из-за чего на какое-то мгновение одна фаза включается позже других: в это время и успевает сработать $K1$. Схему можно исправить одним из трех способов: очень тщательно отрегулировать контакты $KM1$, но это нереально; замедлить срабатывание реле $K1$ — сложно; просто перенести контакт $K1$ в цепь самоблокировки, как показано на рис. 10.8,б. В этом случае, если реле $K1$ в процессе пуска даже “дернется”, оно не сорвет пуск, так как в это время контакт $SB2$ будет еще замкнут.

Несогласованность времен действия между схемами и устройствами в целом, вызывающую лишние переключения, иллюстрируют примеры 10.10 и 10.11.



Пример 10.10

На рис. 10.9,а дан пример сложной системы резервирования питания потребителей. Трансформаторы $T1$ и $T2$ через контакторы $K1$ и $K2$ питают нагрузки I_1 и I_2 , присоединенные к основным шинам I и II . Часть более ответственных потребителей I_3 питается с шин III от одного трансформатора, например от $T1$. Если он отключается, то нагрузка переводится на другой трансформатор, в данном случае на $T2$. Самые ответственные потребители нормально питаются с шин IV переменным током, а при его исчезновении переключаются на аккумуляторную батарею GB .

Если времена действия схем управления контакторами $K1$ – $K6$ не согласованы, то могут иметь место несвоевременные переключения (например, недопустимое параллельное соединение обоих трансформаторов — они питаются от различных источников) или же лишние переключения (отклю-

чается $K5$ и включается $K6$, затем отключается $K3$ и включается $K4$), и так как питание переменным током вновь восстановлено, то отключается $K6$ и включается $K5$. Ясно, что первые два и последние два переключения были лишними.

Диаграмма на рис. 10.9,б показывает один из вариантов правильного согласования времен. В исходном состоянии схемы включены $K1$, $K2$, $K3$ и $K5$, отключены $K4$ и $K6$. При отключении трансформатора $T1$ (точка 0) отключаются $K1$ (1) и $K3$ (2), включается $K4$ (3). Контакторы $K5$ и $K6$ остаются в прежнем положении. Через некоторое время (4) возникает причина, вследствие которой отключается трансформатор $T2$. При этом отключаются $K2$ (5), $K4$ (6) и $K5$ (7), но включается $K6$ (8). Затем появляется напряжение на трансформаторе $T2$ (9), включаются $K2$ (10) и $K4$ (11), отключается $K6$ (12), включается $K5$ (13).

Следует подчеркнуть необходимость проверки подобных схем на все возможные варианты питания. Дело в том, что известен ряд примеров, когда прямое замещение происходит правильно, но после восстановления питания по основным вводам схема не может самостоятельно перейти в нормальное рабочее состояние. В простейшем случае, например, магнитные пускатели, управляемые самовозвращающимися кнопочными выключателями, даже при кратковременном перерыве питания отключаются и затем не могут включиться вновь без вмешательства извне.

нителями, которые по условиям электрооборудования можно и целесообразно включать одним действием.

Приводы разъединителей имеют: электродвигатели $M1$ и $M2$, переключающие вспомогательные контакты $SQ1$ и $SQ2$, конечные выключатели $SQ3$ и $SQ4$ соответственно.

Диспетчер одновременно включает оба разъединителя. При этом замыкаются контакты индивидуальных реле $K1$ и $K2$ телеуправления разъединителями и контакт общего реле включения $K10$. Общее реле отключения $K20$ остается отключенным. Образуются правильные цепи 1-3-2 и 1-11-6 (красные стрелки I и II), по которым включаются промежуточные контакторы $KM1$ и $KM2$ соответственно. Затем они самоблокируются (цепи 1-7-2 и 1-15-6 — стрелки III и IV), а также включаются электродвигатели $M1$ и $M2$ (цепи 1-9-4 и 1-17-8 — стрелки V и VI).

Скорости переключения разъединителей немного отличны¹. Пусть, например, первый разъединитель уже включился, а включение второго еще завершается.

Это значит, что на участке схемы 5-2 вспомогательный контакт $SQ1$ уже замкнут, а на участке 13-6 контакт $SQ2$ тоже может быть замкнут. Конечный выключатель $SQ3$ на участке 7-2 уже разомкнут, а конечный выключатель $SQ4$ на участке 15-6 еще замкнут. Из-за этого возникает ложная цепь 1-15-13-5-2 (зеленая стрелка), по которой $KM1$ вновь сработает, и только что включившийся первый разъединитель начнет отключаться.

Аналогичные цепи могут создаваться и от первого разъединителя ко второму, и явление примет характер "качаний", которые очень опасны.

¹ Кинематическая схема привода разъединителя приведена выше на рис. 8.5.



Пример 10.11

Иллюстрируем последствия несогласованности времен действия телемеханики и двух приводов разъединителей. На рис. 10.10 показана схема управления двумя разъеди-

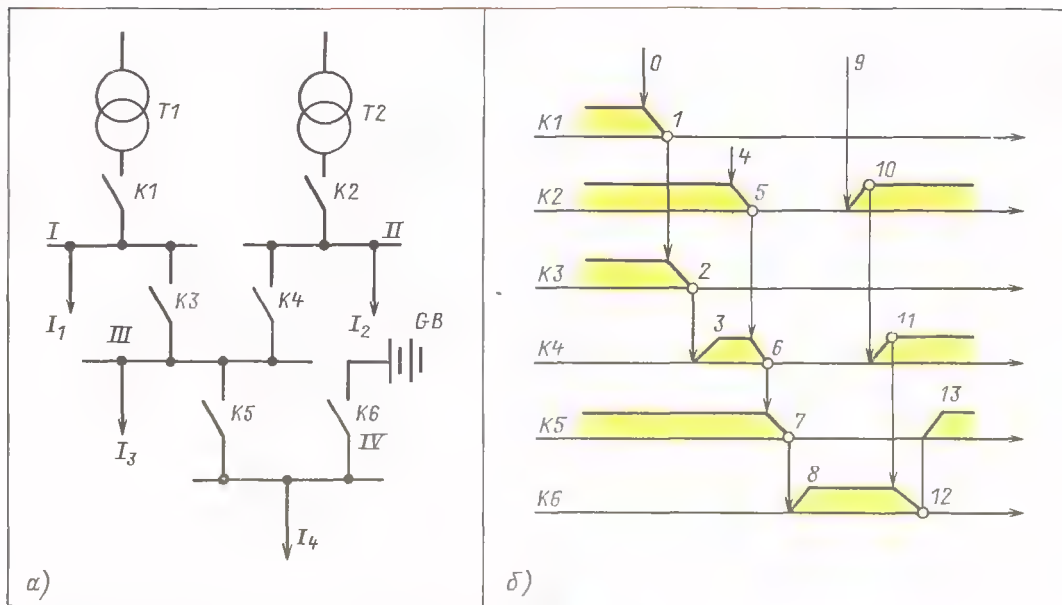


Рис. 10.9. Согласование времен действия контактов в схеме многоступенчатого замещения. К примеру 10.10

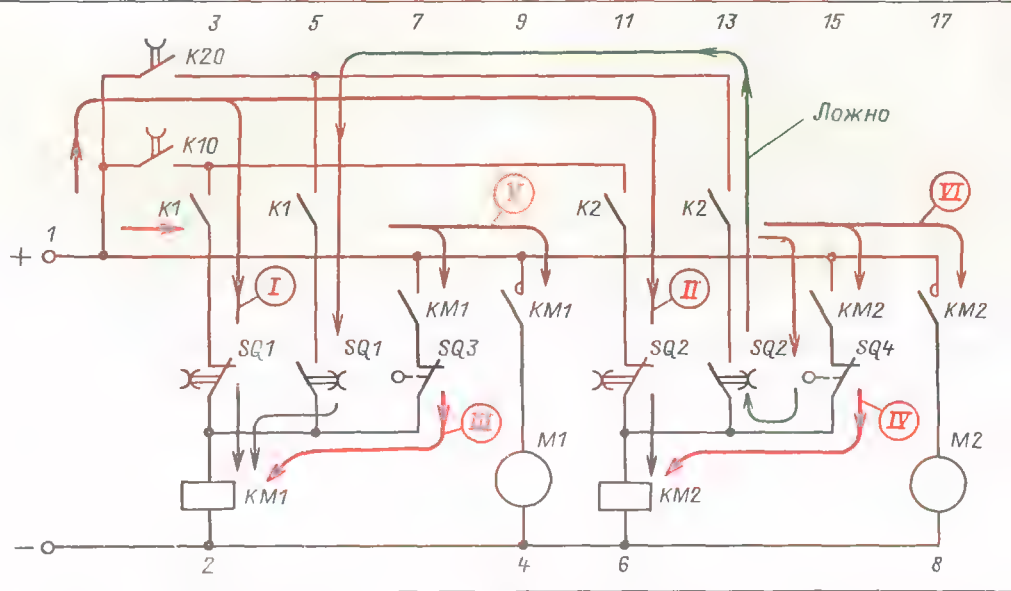
Пример 10.12

Иллюстрируем последствия несогласованности продолжительности работы привода разъединителя (7–8 с) и устройства телесигнализации (3–4 с). Так, если привести устройство телесигнализации в действие в начале переключения разъединителя, то диспетчером будет принят неверный сигнал, поскольку цикл его передачи закончится раньше, чем успеет переключиться вспомогательный контакт, фиксирующий новое положение разъединителя. Поэтому запуск устройства телесигнализации нужно осуществлять не тогда, когда разъединитель начал переключаться, а только после завершения переключения. Именно такое согласование времен правильно.

Пример 10.13

Выше (см. пример 10.3, рис. 10.3) рассматривалась схема замещения четырех агрегатов. Без согласования времен отключения агрегатов I и III (II и IV) схема не может работать правильно. По идее составителя схемы, после отключения агрегата I по цепи 11-6 должен включиться агрегат III. На самом же деле, так как включение происходит не сразу, его вспомогательный контакт в цепи 3-2 остается некоторое время замкнутым. Поэтому начинает включаться агрегат I. Размыкание его вспомогательного контакта в цепи 11-6 может сорвать включение агрегата III. Следовательно, *схема неустойчива*: могут включиться агрегаты I или III и оба вместе. Оба агрегата могут остаться отключенными, не исключены качания.

Чтобы исправить схему, нужно ввести в нее надлежащим образом элемент вре-



мени. Читателям рекомендуется, прочитав этот параграф, еще раз обратиться к § 7.2 и 7.4, чтобы вспомнить, как это делается.

Рис. 10.10. Ложные цепи из-за различия скоростей работы приводов разъединителей. К примеру 10.11

10.5. Перегорание предохранителей, нарушения контактов

К ложным срабатываниям и неправильной сигнализации могут привести не только замыкания, не предусмотренные проектом. Не менее опасные последствия могут иметь разрывы цепей как из-за перегорания предохранителей, так и из-за замыкания или незамыкания контактов в режимах, когда они должны быть замкнуты.

щите с помощью ламп $H1-H3$ соответственно, например у дежурного диспетчера, и на щите дублере (лампы $H4-H6$), например у старшего в смене диспетчера.

При перегорании предохранителя $F1$ кроме правильных цепей ламп $H1$ и $H3$ (предполагается, что первый и третий объекты включены, а второй отключен) образуются ложные цепи, в результате которых свечение ламп $H2$ и $H5$ будет заметно. Если же лампы находятся под цветными линзами (колпачками), как обычно бывает, то диспетчер даже не обратит внимание на неполный накал.

Правильные цепи на рисунке отмечены красными стрелками, ложные — зелеными. Эквивалентная схема приведена на рис. 10.11,б. Исправить схему легко: надо объединить предохранители $F1$ и $F2$, как показано на рис. 10.11,а снизу.

Пример 10.14

На рис. 10.11,а дана схема сигнализации трех объектов (положение которых характеризуется контактами $S1-S3$) на основном

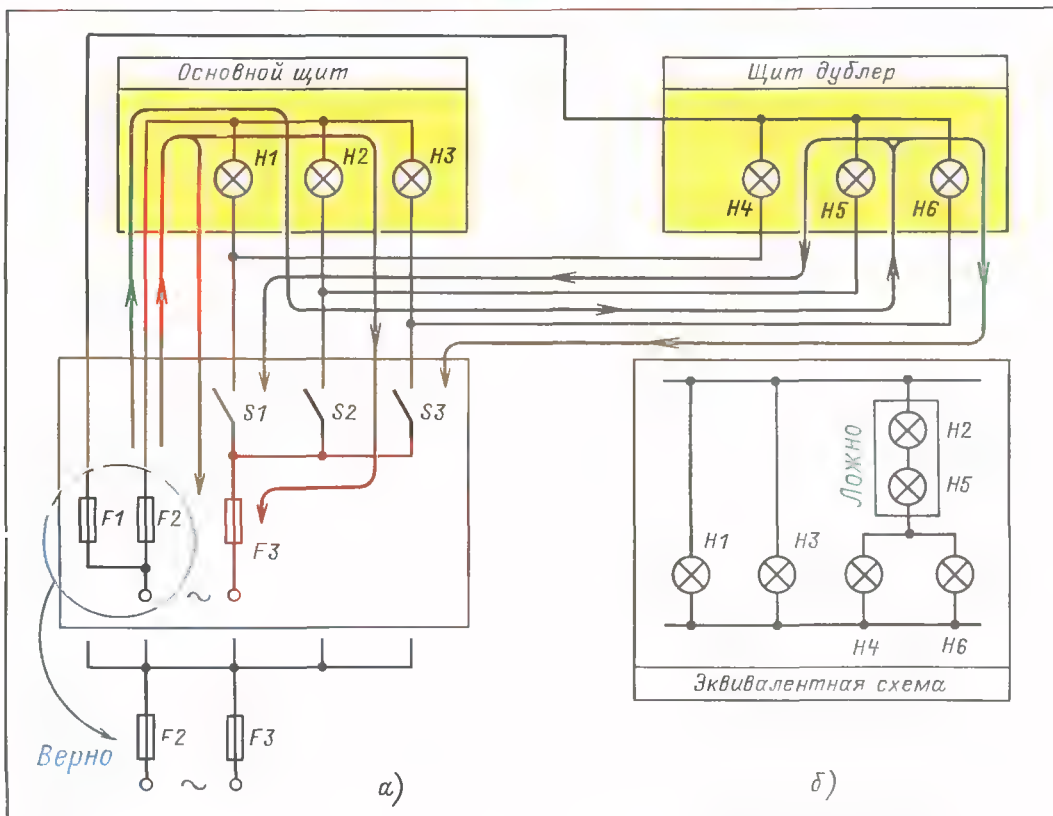


Рис. 10.11. Неправильная сигнализация по ложным цепям из-за перегорания предохранителя. К примеру 10.14



Пример 10.15

Перегорание предохранителя $F1$ или $F2$ (рис. 10.12) в цепи однофазного трансформатора напряжения $TV1$ воспринимается схемой как исчезновение напряжения на вводе 1, вызывает возврат (отпускание) реле $K1$, которое вводит в действие АВР. В лучшем случае в этом нет необходимости. В худшем, например при общих шинах низшего напряжения для обоих источни-

ков, при их несинхронной работе действие АВР опасно.

Проверка схем на перегорание предохранителей производится следующим способом: предполагают, что перегорел один предохранитель, в то время как остальные исправны, и оценивают, к каким последствиям это приводит во всех частях схемы, в том числе и в тех, которые питаются от исправных предохранителей. Поступая аналогичным образом, по очереди обходят все предохранители.

Важное замечание. Проверка предохранителей на перегорание производится составителями схем сравнительно часто, хотя и не всегда полно, так как иногда проверяют лишь те цепи, в которых предохранители

предполагают перегоревшими, не учитывая, что при этом могут переключиться контакты реле, возвратившихся (отпустивших) из-за перегорания предохранителей в других цепях, где предохранители исправны.

Однако проверку на замыкание контактов обычно опускают. Насколько важна такая проверка, читатели могут убедиться, возвратившись к рассмотренному выше примеру (см. рис. 8.13,в).

10.6. Ложные цепи при замыкании на "землю" и между проводниками разных цепей

В любой электроустановке применяется глубоко продуманное сочетание проводников и изоляции. Без проводников нельзя подвести ток к электроприемникам, без изоляции нельзя ни направить электроэнергию по нужным путям, ни выключить ток. При нарушениях изоляции предусмотренные составителем схемы зависимости изменяются — образуются **ложные** цепи. Это справедливо для цепей любого рода тока: постоянного, переменного, пульсирующего и др.

Но есть явления, характерные только для цепей переменного тока, так как переменный ток проходит через емкость между жилами кабелей и между жилами и "землей". И есть явления, характерные только для цепей постоянного (и вообще однонаправленного) тока. Дело в том, что постоянный ток, как следует из школьного курса физики, через емкость не проходит, но это справедливо только для установившегося режима, т. е. когда емкость уже заряжена. А в процессе заряда (разряда) ток через емкость проходит и при стечении неблагоприятных условий может оказаться опасным. Одним словом, **ложные цепи могут возникать в одних случаях при нарушении изоляции, а в других — при исправной изоляции**. Рассмотрим эти сложные вопросы на нескольких примерах.

Нарушения изоляции



Пример 10.16

Иллюстрируем возникновение ложных цепей при двойных замыканиях на землю (рис. 10.13). Здесь *SB1* и *SB2* — кнопочные выключатели "Стоп" и "Пуск" соответственно; *YA1* и *YA2* — отключающий и включающий электромагниты привода выключателя; *KM1* — промежуточный контактор включения; *K1* — контакт, при замыкании которого приходит в действие устройство АПВ *SI*; его выходное реле обозначено *KI*. Места нарушения изоляции отмечены цифрами *I*–*VI*.

Допустим, "плюс" заземлен (*V*). Это не опасно. Но если произойдет еще одно заземление, образуются ложные цепи. Рассмотрим и оценим типичные случаи.

Ложное отключение через нарушение изоляции *I* и тем более ложное включение через нарушения изоляции *VI* и *III* (красные стрелки) маловероятно, так как электромагниты *YA1* и *YA2* требуют больших токов (примерно 5 и 100 А соответственно). Однако на *YA1* и *YA2* действуют контакты более чувствительных аппаратов, например промежуточный контактор *KM1*, для срабатывания которого достаточно доли ампера. Таким образом, нарушение изоляции *II* (зеленая стрелка) способно вызвать ложное включение. Оно еще более вероятно при нарушении изоляции *IV* (синяя стрелка) в цепи промежуточного реле *K1* автоматического повторного включения, требующего нескольких миллиампер. В силу весьма малого времени срабатывания приводов (доли секунды) и реле (несколько миллисекунд) даже **кратковременные замыкания на землю чрезвычайно опасны**.

Учитывая, что одновременное заземление в двух местах маловероятно, ограни-

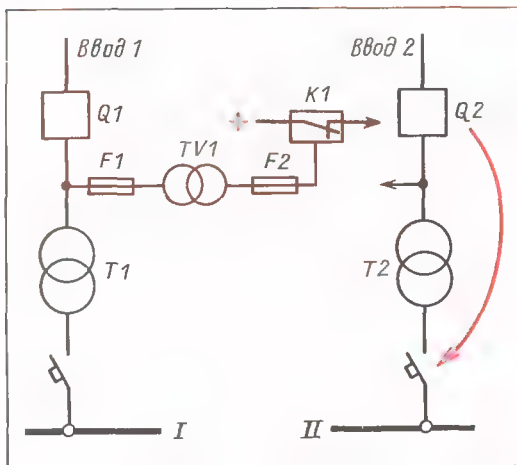


Рис. 10.12. Неправильное действие АВР из-за перегорания предохранителя. К примеру 10.15

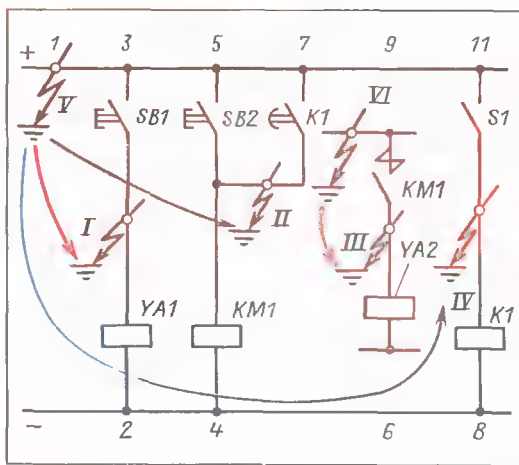


Рис. 10.13. Ложные цепи при двойных замыканиях на землю. К примеру 10.16

чиваются непрерывным контролем состояния изоляции. При возникновении первого по времени замыкания возникает сигнал, что дает возможность устранить это повреждение, не дожидаясь второго замыкания. Не вдаваясь в подробности, отметим, что некоторые устройства контроля изоляции сами требуют заземления. И хотя это заземление осуществляется через резистор, имеющий большое сопротивление, — это заземление вредно, так как "способствует" образованию ложных цепей.

Сравнительно недавно считалось, что одно замыкание на землю не может привести к образованию ложной цепи. Однако когда на электростанциях и подстанциях появилась разветвленная сеть контрольных кабелей, суммарная емкость которых измеряется единицами и даже десятками микрофарад, возникли условия для образования ложных цепей при одном замыкании на землю. Их причина — переходные процессы перезаряда емкостей кабелей. Дело усугубилось тем обстоятельством, что стали применяться реле с малыми токами срабатывания и весьма быстродействующие.



Пример 10.17

Поясним суть явлений при одном заземлении в цепях постоянного тока. На рис. 10.14,а представлена эквивалентная схема, где емкости кабелей, присоединенных к плюсу и минусу, соответственно обозначены C_+ и C_- . При подаче напряжения на схему емкости заряжаются током i_1 , накапливая энергию. При замыкании катушки $K1$ на землю (рис. 10.14,б) через нее проходит импульс, состоящий из двух токов i_2 и i_3 (конденсатор C_+ дозарядается до напряжения U током i_2 , конденсатор C_- разряжается током i_3). Как видно из рисунка, оба тока в катушке реле складываются, что может привести к ложному срабатыванию.

Подробно этот вопрос с примерами расчета рассмотрен в [6]. Здесь же обратим внимание на то, что опасность ложного срабатывания резко возрастает с повышением напряжения оперативного тока. Это объясняется тем, что энергия, запасенная емкостью, пропорциональна квадрату

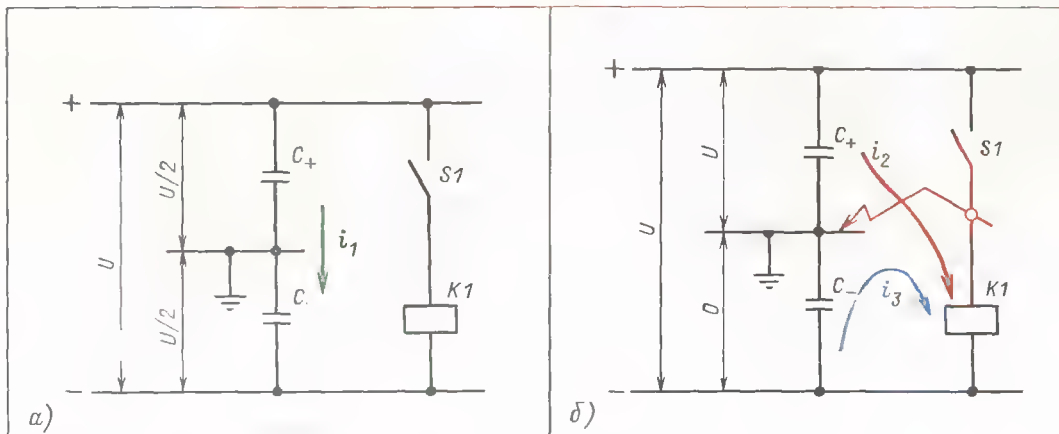


Рис. 10.14. Ложные цепи в цепях постоянного тока при одном замыкании на землю. К примеру 10.17

напряжения. Иными словами, при удвоении (утроении) напряжения запасенная энергия (а именно ее значение определяет вероятность ложного срабатывания) увеличивается в 4 (9) раз соответственно.

Емкостные связи

Рассмотрим условия, при которых в цепях переменного тока образуются ложные цепи через емкостные связи между жилами кабелей, а также между жилами и землей. Заметим предварительно, что: а) сопротивление изоляции весьма велико и его не принимают во внимание; б) емкость значительна; между двумя жилами и между жилой и землей она примерно одинакова. Например, для кабеля марки АКВРБ емкости соответственно равны 0,1 и 0,08 мкФ/км.

Начнем рассмотрение существа вопроса с конструктивной схемы трехжильного кабеля (рис. 10.15,а). На нем видны жилы 1–3, оболочка (земля) и шесть емкостей: C_{12} , C_{23} и C_{31} — это емкости между жилами, C_{13} , C_{23} и C_{33} — емкости между жилами и землей. На рис. 10.15,б эта конструктивная схема развернута, т. е. изображена так, как в электрической схеме.

На рис. 10.15,в показана схема управления двумя реле $K1$ и $K2$ с помощью двух

выключателей $SB1$ и $SB2$. Один из них, в нашем примере выключатель $SB1$, замкнут. При этом образуется правильная цепь (ток i_1 — красная стрелка) через прямой провод l_1 , катушку реле $K1$ и обратный провод l_3 и ложные цепи через катушку реле $K2$. По одной из них через емкость между жилами l_1 и l_2 проходит ток i_2 (зеленая стрелка), а по другой — через емкости между жилами и землей проходит ток i_3 (синяя стрелка).

В зависимости от значений емкостей возможны три случая: а) емкостные токи несравненно меньше рабочих токов: ложная цепь хотя и существует, но она безопасна; б) емкостный ток больше тока срабатывания реле — реле ложно срабатывает; в) емкостный ток меньше тока срабатывания, но больше тока возврата. Значит, реле, верно сработавшее при замыкании цепи, за л и п н е т, т. е. после размыкания выключателя, с помощью которого реле было включено, не возвратится (не отпустит). Отсюда следуют расчетные зависимости:

а) реле не срабатывает, если $C_{экв} < C_{ср}$;

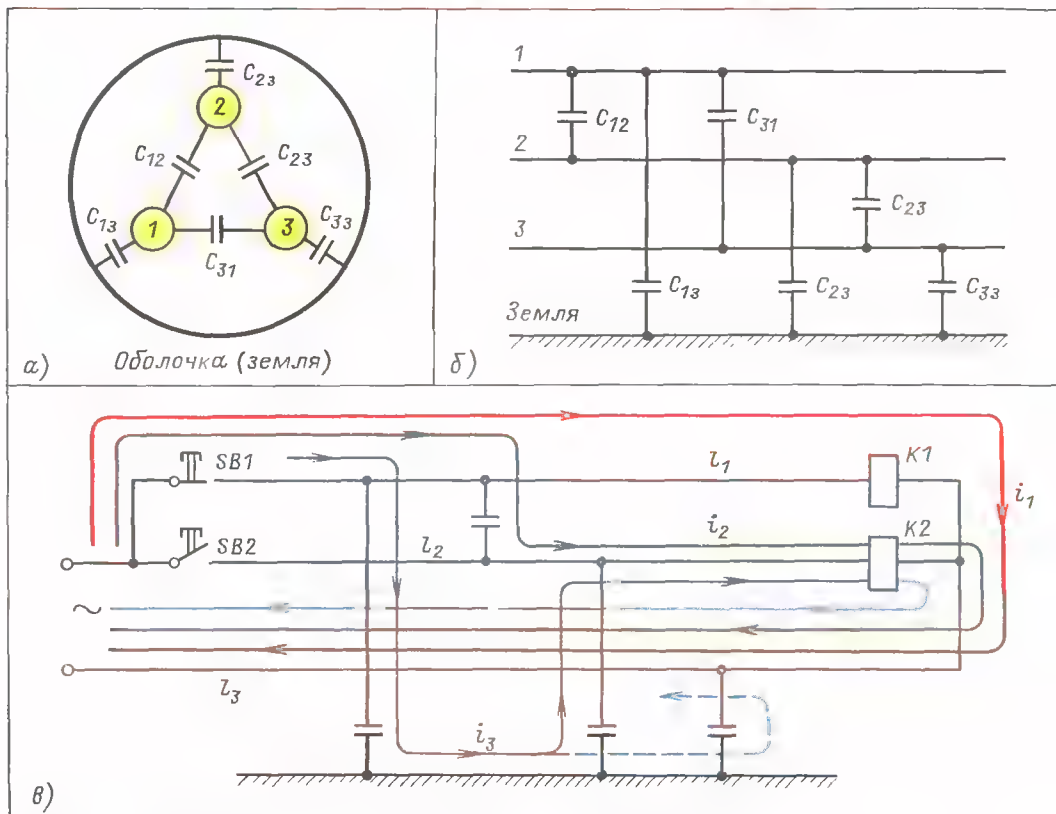


Рис. 10.15. Ложные цепи через емкостные связи между жилами кабеля и между жилами и землей. К примеру 10.18

лами, мкФ/км; $C_{ж,з}$ — удельная емкость между жилой и землей, мкФ/км; l — длина кабеля, км; n — число одновременно работающих жил кабеля с одним общим проводом.

Значения $C_{ср}$ и $C_{зл}$ определяют экспериментально.



Пример 10.18

Определить: а) длину кабеля l_1 марки АКВРБ ($C_{ж,ж} = 0,1$ мкФ/км; $C_{ж,з} = 0,08$ мкФ/км), при которой реле ложно срабатывает, если одновременно включены $n = 6$ жил, $C_{ср} = 0,2$ мкФ; б) длину l_2 , при которой реле залипает, $C_{зл} = 0,09$ мкФ.

$$C_{эkv} = [C_{ж,ж}(n-1) + C_{ж,з}] l,$$

где $C_{ж,ж}$ — удельная емкость между жи-

Решение. а) По условию $C_{\text{ср}} = C_{\text{экв}} = [C_{\text{ж,ж}}(n-1) + C_{\text{ж,з}}] I_1$. Подставляя данные примера, имеем $0,2 = (0,1 \cdot 5 + 0,08) I_1$, откуда $I_1 \approx 350$ м.

б) $C_{\text{эл}} = C_{\text{экв}} = [C_{\text{ж,ж}}(n-1) + C_{\text{ж,з}}] I_2$, откуда $I_2 = 0,09 : 0,58 \approx 155$ м.

Как видно из приведенного примера, *IMITИРУЮЩИМ* является *ЗАПИПАНИЕ*.

Ложные срабатывания через емкостные связи, когда они впервые обнаружили, оказались полной неожиданностью. До этого времени считалось, что многопроводная сигнализация по кабельным линиям благодаря их высокой изоляции является самой надежной; емкость просто не принимали во внимание. Но применение многопроводных схем с общим проводом по типу схемы на рис. 10.15, в неизбежно. Однако *отсюда вовсе не следует, что в этих схемах обязательно будут возникать ложные цепи, так как есть достаточно надежные приемы для их предотвращения*. Один из них — питание схемы не переменным, а постоянным током (выпрямленным, но с *хорошо сглаженной* пульсацией); другой — перевод схемы на более низкое напряжение питания переменным током, например с 220 на 24 В; третий — уменьшение количества одновременно работающих жил кабеля на один общий обратный провод и т. д.

Воспользуемся случаем и подчеркнем, что механически, т. е. *без расчета, применять перечисленные способы нельзя*. Так, например, уменьшение напряжения питания уменьшает емкостные токи, — это хорошо, но требует больших рабочих токов (при одной и той же мощности реле чем напряжение ниже, тем больше ток), что увеличит потерю напряжения в активном сопротивлении проводов и особенно в общем обратном проводе, а это вредно. Действительно, в общем проводе рабочие токи суммируются. В результате могут возникнуть недопустимые явления, аналогичные рассмотренным в примере 10.7.

Одним словом, *при чтении схем нужны расчеты*. Многие из них базируются на основных законах электротехники и не вызывают затруднений. Но простота и легкость расчетов отнюдь не дают оснований считать их лишними.

10.7. Причины ошибок в схемах

В начале книги было подчеркнуто, что она посвящена не составлению схем, а их чтению и, что чтение схем и их анализ, т. е. оценка принятых решений — неразрывно связаны. И, тем не менее, в этой главе рассматриваются вопросы непосредственно связанные как с проектированием новых схем, так и с внесением изменений в существующие схемы. Дело в том, что как при проектировании, так и при внесении изменений, иногда допускают ошибки, причем они типичны. Поэтому следует обратить на них внимание, что и сделано ниже.

Было также заострено внимание читателей на том, что схема (чертеж) и электроустановка — это далеко не одно и то же и что в книге, когда говорится о схеме, всегда подразумевается не собственно изображение, а то, что изображено.

Безусловно очевидно, что электроустановка должна работать, т. е. выполнять возложенные на нее функции, быть долговечной и безопасной. Если эти требования выполняются, то обычно говорят, что схема хорошая, а если не выполняются — схему считают плохой.

Верны ли такие оценки?

С позиций людей, которые *только пользуются* электроустановками (и отождествляют их со схемами) такие оценки вполне естественны. Но специалист так рассуждать не может. Известны например случаи, когда по одной и той же схеме смонтированы две электроустановки, но одна из них работает хорошо, а другая дает сбой. Но дело здесь вовсе не в схеме,

а в том, что одна электроустановка хорошо смонтирована, налажена, отрегулирована и систематически обслуживается, т. е. неукоснительно выполняются требования ПУЭ. Другая — смонтирована кое-как, не налажена, а эксплуатация поручена недостаточно квалифицированному персоналу.

Рассмотрим еще один пример: по одной и той же схеме тщательно смонтированы две электроустановки. Одна из них работает хорошо, а другую не удается наладить. Почему же схема для одной электроустановки хороша, а для другой неудовлетворительна? Дело в том, что электроустановки выполнены на **р а з н о й** аппаратной базе одна, например, на телефонных реле, а другая — на кодовых. Схему же составляют не вообще, на все случаи жизни, а для конкретных условий, в данном случае, исходя из свойств **т е л е ф о н н ы х** реле, но не кодовых. Так что причина неудачи состояла не в том, что схема плохая, а в том, что ее применили в условиях, для которых она не предназначена. Отсюда следует вывод: *схему можно применять только в тех условиях, которые были приняты при ее составлении.*

В эксплуатации нередки случаи, когда правильно примененная схема начинает давать отказы, например, после ремонта какого-либо ее элемента. Так, в примере 8.6 описано нарушение работы двигателя привода разъединителя из-за того, что во время ремонта были перекрещены выводы одной из двух обмоток возбуждения. В результате получился **н е т о т** двигатель, для которого была составлена схема.

Аналогичные явления могут иметь место при замене электрооборудования новым. Например, когда истек срок службы привода масляного выключателя, привод был заменен новым, подходящим во всех отношениях, но с другой кинематикой, а она потребовала другой регулировки вспомо-

гательных контактов. Привод работал хорошо. Поэтому эксплуатационный персонал не обратил внимания на то, что после отключения выключателя отключающий электромагнит его привода остается под током. Заметили эту ошибку (и скорректировали схему, учтя особенности нового привода) только после того, как электромагнит сгорел.

Такого же рода неполадки нередко являются следствием внесения в схему каких-либо дополнительных элементов (контактов, резисторов, конденсаторов) или исключения элементов, которые принимают за лишние. Эти изменения вносят для решения **ч а с т н ы х** задач (понадобился, например, дополнительный сигнал, или желают упростить схему), а в результате могут нарушиться **о с н о в н ы е** зависимости. Простейший пример 10.7 приведен в этой же главе.

Рассмотренных примеров достаточно, чтобы сделать следующий вывод: *при любой замене оборудования, а также при введении в схему или исключении из нее какого-либо элемента, не предусмотренного составителем схемы — ее необходимо самым тщательным образом проверить, исходя из новых условий.*

Распространенная ошибка — составление схемы без учета реальных условий работы электроустановки. В результате появляются практически невыполнимые решения; типичные примеры приведены и подробно рассмотрены в § 8.2.

Здесь же обратим внимание на особенно опасные ошибки, в результате которых электрическая защита, предусмотренная ПУЭ, выполнена только **ф о р м а л ь н о**, т. е. изображена на схеме, но расчетом не проверено, сможет ли она сработать (см. пример 8.16). Суть дела в этом примере состоит в том, что значение тока КЗ ограничено сопротивлением трансформатора, из-за чего ток, проходящий через катушку защитного токового реле при КЗ (88 А)

меньше уставки реле (100 А), заданной составителем схемы.

В других случаях, из-за того, что не проверено согласование параметров взаимодействующих аппаратов, возможны отказы, так как не хватает времени для выполнения заданных переключений (см. пример 8.10). Не исключено также возникновение лишних переключений, далеко не всегда безопасных. Так, в упражнении 9.6 рассмотрен случай нескольких ложных включений на КЗ из-за того, что не согласована длина включающего импульса со временем возврата реле токовой защиты.

Неблагоприятные сочетания параметров цепи — индуктивности и емкости — могут привести к многократным ложным срабатываниям — см. пример 7.22. Отсюда следует вывод: *схему можно считать полноценной лишь убедившись с помощью расчета или построения диаграммы взаимодействия (см. § 5.2) в ее работоспособности.*

Рассмотрим еще одну типичную ошибку, часто допускаемую составителями схем. Она состоит в том, что не учитываются реальные условия работы оборудования. В результате оборудование выходит из строя не выполнив работу, для которой оно предназначено. Так, в примере 8.18, контакты реле контроля наличия напряжения переменного тока из-за вибраций, продолжающихся длительное время, спекаются и, следовательно, не могут разомкнуться, когда на шинах исчезнет напряжение.

Другой пример: предусматривая защиту электродвигателя от перегрузки с помощью электротепловых реле, составитель схемы не учитывает, что через тепловые (нагревательные) элементы при КЗ проходит ток, который может расплавить элементы, если в их цепь не введена достаточно чувствительная защита предохранителями или автоматическими выключателями. Вывод: *схема должна обеспечивать безусловную сохранность электрооборудования.*

Составители схемы часто недооценивают важности обеспечения надежного электропитания оперативных цепей, рассчитывая их только на нормальный режим. Последствия такого недопустимого подхода к делу иллюстрирует пример 8.16: из-за недостаточного сечения линии, питающей включающий электромагнит привода (сечение выбрано только по допустимому току, но без учета длины линии), в аварийном режиме отказало АВР.

Нередко ошибаются при секционировании шинок оперативного тока, а также допускают соединение оперативных цепей различных линий. Опасные последствия (и способ их устранения) непродуманной системы электропитания цепей релейной защиты иллюстрирует пример 10.1.

Вывод: *оперативные цепи, которые иногда называют вторичными (чтобы отличить их от первичных, силовых сетей), отнюдь не являются второстепенными.*

Большую опасность представляют ложные цепи. Типичные случаи и причины их возникновения, а также способы выявления и устранения, подобного рассмотрены в § 10.6.

Несколько слов о рабочих чертежах. В книге они не рассматриваются (за исключением нескольких примеров в гл. 3), так как их выполняют по отраслевым нормативным документам. Однако *основанием для выполнения рабочей документации являются принципиальные схемы.* Следовательно, составитель принципиальной схемы обязан, в необходимых случаях, обратить внимание исполнителей рабочей документации на те особенности, которые обязательно нужно учитывать. Иными словами, *составляя принципиальную схему, надо всегда думать о том, какими средствами и как она будет осуществлена.*

Чтобы понять важность этого не совсем очевидного требования, достаточно обратиться к рис. 7.17 и сравнить контактные группы, которые, несмотря на одинаковое

количество контактов в каждой из них, обладают совершенно различными эксплуатационными свойствами. Именно на эти свойства рассчитывает составитель схемы, применяя не любую, а вполне определенную группу и используя в ней каждый контакт в строго определенной цепи. Вывод: *в аналогичных случаях вопрос о применении того или другого изделия и порядка присоединения к нему проводов решает не монтажник и не исполнитель рабочей документации, а тот, кто составляет принципиальную схему.*

Составитель принципиальной схемы должен: а) тщательно подумать и предусмотреть все необходимое, чтобы увязать новую электроустановку с уже действующей; б) дать указания о том, как следует проверить новую электроустановку; в) четко сформулировать, на что она рассчитана и как надлежит ею пользоваться. Одним словом, составление схемы дело значительно более сложное, чем это иногда представляется людям без достаточного опыта.

Составление схем — процесс творческий. Его нельзя заключать в заранее заданные рамки. И вместе с тем при проектировании надо считаться с рядом ограничений, которые можно разделить на несколько групп.

1. Ограничения, вытекающие из требований ПУЭ, СНиП, стандартов и других нормативных и руководящих документов (см. § 6.1).

2. Ограничения, обусловленные свойствами и особенностями электротехнических изделий (§ 6.2).

3. Строительные ограничения. Например, нормируемые размеры проходов и пролетов, расположение водопроводных, теплотрасс и электрических сетей, прочность перекрытий и т. п. На составление принципиальных схем эти ограничения, как правило, не оказывают влияния, но исполнители рабочей документации должны принимать их во внимание.

4. Привязочные ограничения. Они вызваны тем, что новая электроустановка неизбежно должна связываться с действующей, например получать от нее питание, присоединяться к уже существующей системе сигнализации и т. п.

5. Ограничения, возникающие в процессе проектирования. Так, например, остановившись на определенной электрической схеме, выбрав для нее оборудование, составитель схемы уже связан.

Его дальнейшие решения им же самим ограничены.

Послесловие

Итак, книга прочитана. Настало время подвести итоги.

1. Все схемы и примеры в ней взяты из практики, ни один из них не придуман. На первый взгляд эти схемы кажутся простыми. Но как читатели убедились, для их прочтения кроме знаний условных обозначений необходимы определенный минимум знаний из электротехники и умение логически рассуждать.

2. Чтение и анализ схем — один и тот же процесс. Значит, в результате чтения нужно не только отдать себе отчет в том, что на схеме изображено — это сравнительно просто, но и оценить реальность принятых решений, устойчивость режима, правильность учета свойств материальной базы, на которой создана схема, условий, в которых электроустановка будет работать.

3. Схема, составленная с нарушением установленных стандартом правил применения условных графических и буквенно-цифровых обозначений, без необходимых надписей, диаграмм переключений не может быть правильно прочитана точно так же, как не может быть прочитан безграмотный текст.

4. Значительно легче читать схему, если она выполнена толково, т. е. если в ней рационально расположены цепи, схема снабжена четкими пояснениями, приведены выкопировка из схемы технологического потока (электроснабжения), диаграмма взаимодействия и т. п. Одним словом, к схемам предъявляются те же требования,

что и к текстовым материалам. Действительно, легко читать текст, если он изложен последовательно, выдержана четкая рубрикация, выделены абзацы, соблюдена строгая система шрифтовых выделений и т. п.

5. Форма изложения в виде упражнений, вопросов и ответов имеет целью помочь читателям, которые оказываются "одни на один" с электроустановками, самостоятельно в них разбираться. Подробные ответы необходимы, так как читатели могут ошибаться, а ошибки в таком сложном деле, как электротехника, опасны.

6. Электронные устройства рассматриваются в книге только как элементы схем; их условные обозначения объяснены в § 2.12. Что же касается особенностей и принципов действия электронных схем — это вопросы специальные. Насколько они сложны, можно судить по такому примеру: книга "Искусство схемотехники"¹, рассчитанная на читателей с высшим образованием, по объему примерно в два с половиной раза больше этой книги.

И вместе с тем читателям полезно прочитать книгу Антанаса И. Шишкова "Первые шаги в радиоэлектронике", изданную на русском языке в НРБ.

7. Чтение книги потребовало большого труда. Автор благодарит читателей за этот труд и надеется, что он был затрачен не зря.

¹ П. Хоровиц и У. Хилл. Искусство схемотехники. Пер. с англ. — М.: Мир, 1983.

Приложение 1

Проверка по принципиальной схеме правильности монтажа

Цель работы — убедиться в том, что соединения выполнены точно так, как указано на схеме. Для иллюстрации техники проверки обратимся к рис. П1.1. На нем показаны характерные цепи, жирными точками обозначены перенумерованные выводы. Система нумерации выводов и обозначений (маркировки) участков цепей рассмотрена в § 4.4 и 4.5.

Общие положения. 1. Проверку производят при снятом рабочем напряжении.

2. Прибор — "пробник" — должен иметь настолько низкое напряжение, чтобы от него не мог сработать ни один элемент схемы. В простейшем случае пробником может быть карманный фонарик с гибкими проводами, снабженными короткими металлическими наконечниками.

Предупреждение: контрольной лампой для проверки схем пользоваться категорически запрещено.

3. Если в процессе проверки лампочка не горит, то необходимо убедиться в ее исправности. Для этого достаточно закоротить наконечники проводов: исправная лампочка должна загореться.

4. Если нужно какой-нибудь контакт временно разомкнуть, то его пластины разъединяют и изолируют изолирующей прокладкой из неворсистого материала, т. е. не из бумаги и не из материи. Прокладки нужно пересчитывать, а еще лучше перенумеровывать, чтобы после окончания работы убедиться, что все они извлечены.

5. После того как соединения проверены, нужно при разомкнутом выключателе *SI* (в нашем примере) проверить, что на его вход подана правильная полярность в установках постоянного тока или же те фазы и нейтраль в

установках переменного тока, которые указаны на схеме. Заметим, кстати, что в схеме на постоянном токе на катушки должен быть подан минус (а не плюс); в схеме на переменном токе — нейтраль (а не фаза), если схема предназначена для питания фазным, а не линейным напряжением.

6. В нашем примере сначала проверяют, что плюс подведен ко всем выводам, идя по схеме, а не по фактическому расположению элементов. Затем в той же последовательности проверяют присоединение минуса.

7. Убедившись в том, что питание подведено правильно, т. е. туда и только туда и ничего не пропущено, переходят к проверке индивидуальных цепей. Проверку начинают с самой левой по схеме цепи при их вертикальном расположении, как в нашем примере, или с самой верхней при горизонтальном расположении цепей. Закончив проверку первой цепи, переходят к проверке второй и т. д., ничего не пропуская.

Рассмотрим характерные примеры.



Пример П1.1

Проверка питания. При разомкнутом выключателе *SI*: 1) одним наконечником пробника касаются вывода *SI-2*, а другим — вывода предохранителя *FI-1* (см. рис. П1.1, б, слева). Если пробник срабатывает (лампочка карманного фонарика горит), значит, соединение выполнено верно; 2) вынимают предохранитель *FI* и, присоединив пробник к выводам *FI-1* и *FI-2*, убеждаются, что лампочка не горит (рис. П1.1, в центре); 3) вставляют предохранитель: лампочка должна гореть (рис. П1.1, справа); 4) присоединив один наконечник к выводу *FI-2*, касаются

другим наконечником вывода *K1-13* – лампочка должна гореть; 5) касаются вывода *K3-14* – лампочка должна гореть; 6) поступая аналогичным образом столько раз, сколько присоединений к плюсу показано на схеме, убеждаются в том, что он присоединен к выводам *K2-11*, *K3-13*, *K1-21*, *K3-11*, *K2-14*, *K2-21*, *K4-13* и *K5-15*. Аналогично проверяют присоединение минуса.



Пример П1.2

Проверка цепи 3, содержащей один замыкающий контакт: а) присоединяют пробник между выводами *K1-13* и *K1-14* – лампочка не горит, значит, контакт разомкнут; б) нажимают на якорь реле *K1* – лампочка загорается; в) отпускают якорь – лампочка гаснет; г) присоединяют пробник между выводами *K1-14* и *K4-4* – лампочка горит.



Пример П1.3

Проверка цепи 4, содержащей один размыкающий контакт; а) присоединяют пробник между выводами *K3-14* и *K3-15* – лампочка пробника горит; б) нажимают на якорь реле *K3* – гаснет; в) отпускают якорь – горит; г) присоединяют пробник между выводами *K3-15* и *HL1-4* – лампочка горит.



Пример П1.4

Проверка цепей 5 и 6, содержащих параллельно соединенные замыкающие контакты. Сначала изолируют один контакт, левый по схеме, в нашем случае *K2-11–K2-12*, и проверяют цепь 6 точно так же, как проверяли цепь 3 (см. пример П1.2). Затем изолируют контакт *K3-13–K3-14* и проверяют цепь 5. Вынимают изолирующие прокладки.



Пример П1.5

Проверка цепей 7 и 8, содержащих параллельно соединенные размыкающие контакты. Размыкают с помощью прокладки контакт *K1-21–K1-22* в цепи 7 и проверяют цепь 8 аналогично проверке цепи 4 (см. пример П1.3). Затем изолируют контакт *K3-11–K3-12* в цепи 8 и проверяют цепь 7.



Пример П1.6

Проверка цепи 9, содержащей последовательно соединенные замыкающие контакты. Проверяют участки: а) плюс – *K2-15*; б) *K2-15–K7-11*; в) *K7-11–K7-12*; г) *K7-12–K9-А*; д) нажимают на якорь реле *K2* – лампочка пробника не горит; е) нажимают на якорь реле *K7* – лампочка горит; ж) отпускают якорь реле *K2* – гаснет; з) снова нажимают на якорь реле *K2* – горит; отпускают якорь *K7* – гаснет.



Пример П1.7

Проверка цепи 10, содержащей последовательно соединенные размыкающие контакты. Проверяют участки: а) плюс – *K2-22* (аналогично проверке цепи 4 – см. пример П1.3); б) *K2-22–K9-21*; в) *K9-21–K9-22*; г) *K9-22–HL3-4*; д) присоединяют пробник к выводам *K2-21* и *HL3-4* – лампочка пробника горит; е) нажимают на якорь реле *K2* – лампочка гаснет; ж) отпускают якорь реле *K2* – лампочка горит; з) нажимают на якорь *K9* – гаснет.



Пример П1.8

Проверка сравнительно сложных цепей 11 и 12 производится по частям. Замыкают контакт *K1-33–K1-34*, затем поочередно проверяют цепи:

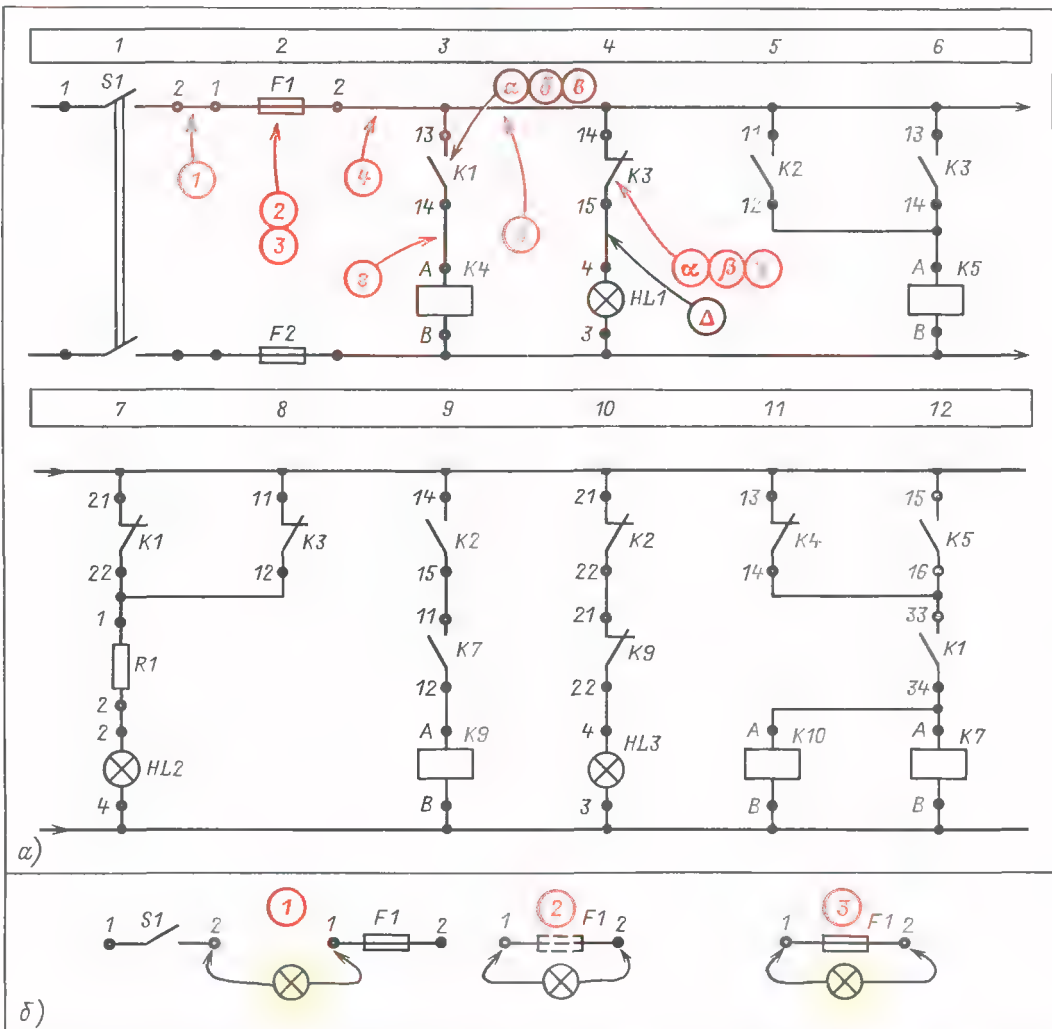


Рис. П1.1. Последовательность действий при проверке правильности монтажа. К примерам П1.1–П1.8

а) от плюса до вывода реле $K10-A$; б) от плюса до вывода реле $K7-A$; в) изолируют контакт $K4-13-K4-14$; г) проверяют цепь 12 от плюса до вывода $K10-A$; д) проверяют цепь 11 от плюса до вывода $K7-A$; е) присоединяют пробник между выводами $K4-14$ и $K7-A$ – лампочка горит; ж) нажимают на якорь реле $K4$ – гаснет; з) отпускают

якорь реле $K4$ – горит; и) отпускают якорь $K1$ – гаснет; к) проверяют цепь 12 от плюса через контакт $K5$ до вывода $K10-A$, а затем до вывода $K7-A$.

Выводы. Принципиальная схема дает исчерпывающие сведения, необходимые для проверки правильности монтажа. Проверка не таит в себе каких-либо сложностей, но требует аккуратности, строгой последовательности действий, однозначно определенной схемой, и не терпит торопливости.

Приложение 2

Понятия о свойствах двоичной системы счисления и алгебре логики

Двоичная система счисления

Двоичная система счисления применяется в цифровой технике именно потому, что в ней имеются только две цифры: 1 и 0. *Практически это значит, что любое число в двоичной системе может быть воспроизведено с помощью простейших изделий, т. е. таких изделий, которые имеют только два устойчивых состояния.* Ими могут быть двоичные логические элементы или их сочетания, а в простейшем, наиболее наглядном, случае — электромагнитные реле. Одно его устойчивое состояние (позиция) — якорь притянут; другое — якорь отпущен.

Ниже будет дан пример воспроизведения любого числа с помощью только двухпозиционных реле. Но чтобы этот пример понять и оценить, надо выполнить подготовительную работу. А состоит она в следующем.

Двоичный ряд. Запишем двоичный ряд, например, из пяти членов:

$$2^0 = 1; 2^1 = 2; 2^2 = 4; 2^3 = 8; 2^4 = 16.$$

В этом ряду есть числа 1; 2; 4; 8; 16, но нет промежуточных чисел: 3; 5; 7; 9; 10; 11; 12; 13; 14 и 15. Однако нетрудно видеть, что они получаются путем суммирования соответствующих членов двоичного ряда. Действительно: $3 = 2^0 + 2^1$; $5 = 2^2 + 2^0$; $6 = 2^2 + 2^1$; $10 = 2^3 + 2^1$; $11 = 2^3 + 2^1 + 2^0$... $15 = 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0$. Одним словом, из членов двоичного ряда можно составить любое целое число, например $36865 = 2^{15} + 2^{12} + 2^0$.

Запись чисел в двоичном счислении, предполагающем только двумя цифрами, на первый взгляд, кажется непонятной. Поче-

му, например, число 9 в двоичной системе выглядит 01001, а число 15 01111? Покажем, что такая запись вполне логична и, следовательно, если знать систему ее построения, понятна. Но для этого сначала вспомним, что любое число N , умноженное на нуль, равно нулю ($N \times 0 = 0$), а число, умноженное на единицу, равно самому себе ($N \times 1 = N$).

Теперь запишем двоичный ряд, начиная с высшего разряда,

$$2^4 = 16; 2^3 = 8; 2^2 = 4; 2^1 = 2; 2^0 = 1$$

и решим, какие из его членов нужно просуммировать, чтобы получить число 9, а какие следует аннулировать. Совершенно очевидно, что суммировать нужно только $2^3 = 8$ и $2^0 = 1$.

Сделаем следующий шаг: оставляемые члены умножим на 1, а аннулируемые — на 0. В результате получается: $2^4 \times 0$; $2^3 \times 1$; $2^2 \times 0$; $2^1 \times 0$; $2^0 \times 1$. Теперь для сокращения записи опустим степени числа 2, оставив только нули и единицы. Тогда число 9 в двоичной системе будет записано как 01001.

Рассуждая аналогичным образом, легко понять, что число 15 записывается как 01111. Оно равно $2^4 \times 0$; $2^3 \times 1$; $2^2 \times 1$; $2^1 \times 1$; $2^0 \times 1$ или, опуская степени числа 2, просто 01111.

Прежде чем перейти к рассмотрению примера практического приложения двоичного счисления, обратим внимание на то, что ход рассуждений (что оставить, а что аннулировать) очень напоминает технику взвешивания с помощью гирь на чашечных весах. Мы, например, хотим взвесить предмет, который весит 13 единиц, и распола-

гаем гирями, веса которых соответствуют двоичному ряду и соответственно равны в нашем случае 16; 8; 4; 2 и 1 единицам.

Взвешивание всегда производят от больших гирь к меньшим. На одну чашу весов кладут взвешиваемый предмет, на другую гири. Если гиря слишком велика, то ее снимают и записывают 0. Если вес гири меньше или равен весу предмета — ее оставляют и записывают 1.

Итак ($16 > 13$) — много: гирю снимают и записывают (0).

Следующая проба: ($8 < 13$) — мало.

Гирю оставляют (1).

Добавляют 4 [$(8 + 4) < 13$] — мало.

Гирю оставляют (1).

Добавляют 2 [$(8 + 4 + 2) > 13$] — много.

Гирю снимают (0).

Добавляют 1 [$(8 + 4 + 1) = 13$] — равно.

Гирю оставляют (1).

Если теперь записать подряд нули и единицы, то получится 01101, т. е. вес предмета, выраженный в двоичной системе счисления.

Заметим здесь же, что в условных графических обозначениях двоичных логических элементов (см. § 2.12) иногда приходится обозначать входы метками в виде ряда весов. Для двоичного счисления ряд весов $2^0 = 1$, $2^1 = 2$, $2^2 = 4$, $2^3 = 8$... = 1; 2; 4; 8 ...

Изложенные выше сведения о двоичной системе счисления интересны, но возникает вопрос: имеет ли все это практическое приложение? Оставляя в стороне схемы вычислительных машин — приведем пример из электротехнической практики.

Пример П2.1

Допустим, что перед нами поставлена задача: передать с подстанции на диспетчерский пункт, удаленный от нее на сотню километров, значение какого-либо параметра (напряжения, тока, тем-

пературы, давления и т. п.). Непосредственная передача неосуществима не только из-за ее непомерной дороговизны, но и чисто технически. Однако при наличии телемеханики, которая, кстати, может работать по высокочастотным каналам, образованным в проводах ВЛ, измерение может быть произведено с точностью до одной единицы. Покажем, как это получается.

На передающей стороне значение параметра автоматически преобразуется в серию импульсов (или пауз между импульсами), причем — подчеркнем это особо — импульсы и паузы могут принимать только два значения: короткий импульс и длинный импульс (при одинаковых паузах между ними) либо короткая пауза и длинная пауза, разделенные импульсами одинаковой продолжительности. Как осуществляется кодирование, здесь рассматривать не будем, но подчеркнем, что серии неодинаковы и каждая из них соответствует определенному значению параметра. Например, на рис. П2.1,а показаны три серии для поочередной передачи чисел 16 (верхняя серия), 4 (средняя) и 11 (нижняя).

Эти серии воспринимаются на приемной стороне и преобразуются в показания прибора.

На рис. П2.1,б показан прибор — омметр *PR1*. Он присоединен к источнику стабилизированного напряжения через пять резисторов. Их сопротивления подобраны по двоичному ряду и равны (считая по схеме слева направо) 16; 8; 4; 2 и 1 Ом. Параллельно каждому резистору присоединен размыкающий контакт реле *K1–K5* соответственно.

Пока все реле отпущены (рис. П2.1,б), их контакты замкнуты, все резисторы закорочены и, следовательно, омметр показывает 0 Ом.

При приеме верхней на рис. П2.1,а серии шетка распределителя *S4* поочередно перемещается с контакта на контакт и возвращается в исходное положение. Но контакт "Выбор" замыкается только 1 раз при первом, длинном импульсе. В это время шетка соединена с контактом № 1 и, следовательно, включается реле *K1*. Включившись, оно самоблокируется через собственный контакт. Остальные реле *K2–K5* не срабатывают, так как при коротких импульсах контакт "Выбор" останется разомкнутым. Реле *K1* размыкает контакт и вводит, таким образом, в цепь омметра резистор сопротивлением 16 Ом (рис. П2.1,в).

Перед приемом очередной серии для следующего измерения кратковременно размыкается контакт "Сброс". При этом все сработавшие ранее реле возвращаются в исходное положение.

При приеме средней серии (рис. П2.1,а) срабатывает и самоблокируется только реле *K3*: в цепь омметра вводится сопротивление 4 Ом.

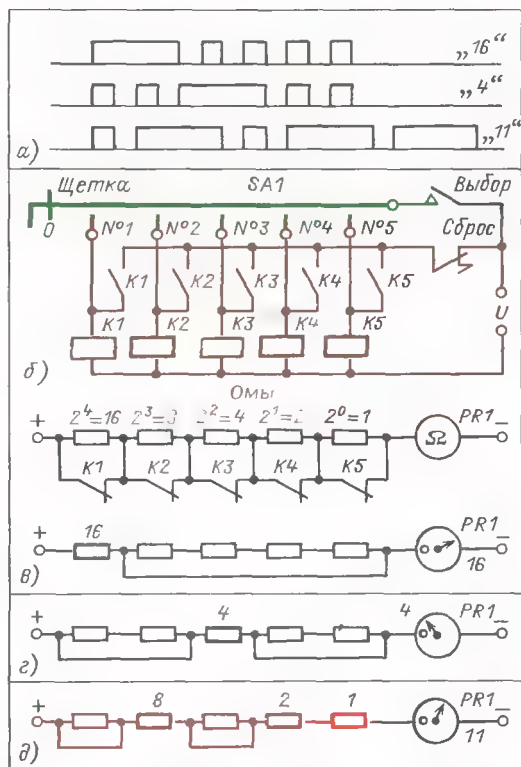


Рис. П2.1. Использование двоичной системы числения для телеизмерения в числовой форме. К примеру П2.1

Прием нижней серии приводит к срабатыванию трех реле: K2, K4 и K5, в результате чего омметр показывает $8 + 2 + 1 = 11$ Ом.

Нетрудно видеть, что первой серии (срабатыванию реле K1, т. е. введению в цепь омметра сопротивления 16 Ом) соответствует запись числа 16 в двоичной системе, а именно 10000. Второй серии соответствует запись 00100. Третья серия должна быть представлена как 01011.

Если бы серия содержала пять длинных импульсов, то сработали бы все пять реле и омметр показал бы $16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 31$ Ом.

Серия, содержащая восемь импульсов, обеспечивает измерение любого целого числа от 1 до 511, а содержащая пятнадцать импульсов — любого числа от 1 до 65 599, т. е. с невероятной большой точностью. Воспользуемся случаем и подчеркнем, что при таком способе измерения

помехи в линии (до тех пор пока они позволяют четко различать длинные и короткие импульсы) не влияют на точность измерений.

Из рассмотренного примера следует obvious вывод: с помощью двухпозиционных элементов можно в числовой форме выполнить любое количество операций, в нашем примере измерить любое целое число. Если переключения состояний (с единицы на нуль и обратно) совершаются очень быстро, то даже огромное количество операций требует немного времени. Именно по этой причине в вычислительной технике используются преимущественно практически безынерционные бесконтактные двоичные элементы. Их обозначения на схемах рассмотрены в § 2.12.

Алгебра логики

Как подчеркнуто в предисловии, алгебра логики не имеет отношения к теме книги. Но краткие сведения о ней, а именно определение и объяснение основных понятий, аксиом и равносильностей, необходимы читателям (как видно из их писем) как введение к чтению книг, посвященных вопросам, имеющим большое значение. Рассмотрим вкратце эти вопросы.

Алгебра логики — один из разделов математической логики — дает возможность наиболее рационально составлять схемы, т. е. достигать необходимого результата с помощью наименьшего числа элементов. Это не только удобно и целесообразно, но в сложных случаях совершенно неизбежно, как, например, в вычислительной технике и сложной автоматике.

Ниже будут даны самые общие понятия и приведен наглядный пример, показывающий, как с помощью простых преобразований по типу алгебраических можно упростить (минимизировать, т. е. свести к минимально необходимому числу компонентов) схему, которая на первый взгляд

кажется сложной. Но прежде, чтобы не повторять здесь объясненные ранее понятия, читатели должны прочитать § 2.12.

Объектами алгебры логики являются высказывания, т. е. формулировки условий действия (условий функционирования). Так, например, если в одном случае лампочка включена через последовательно соединенные контакты двух выключателей, то, чтобы ее зажечь, нужно включить *и* один выключатель, *и* другой. Если в другом случае лампу можно включить любым из двух выключателей, соединенных параллельно, то условие ее функционирования будет: чтобы зажечь лампу, нужно включить *или* один выключатель *или* другой.

Приведенные высказывания верны, но в словесной форме они практически бесполезны. Однако стоит их выразить аналитически, т. е. в виде формул, как откроются колоссальные возможности составления схем из простейших **д и с к р е т н ы х** элементов, т. е. таких элементов, которые могут быть только в двух состояниях: либо в состоянии, обозначаемом единицей (1), либо в состоянии, обозначаемом нулем (0). Заметьте: 1 и 0 — это не числа, *а состояния*. Значит, запись $1 + 1 = 1$ это не ошибка, а констатация того факта, что при замыкании одного выключателя (первая единица), или другого выключателя (вторая единица), или обоих одновременно (сумма) получится такой же результат, как при замыкании любого из них.

В нашем примере, если обозначить замыкающий контакт одного выключателя *a*, другого *b*, а лампочку (когда она горит) буквой *l*, то первое высказывание аналитически записывают так: $ab = l$. Здесь **знак умножения** (опущен) *указывает на последовательное соединение*. Такая операция называется логическим умножением или **к о н ь ю н к ц и е й**. Второе высказывание записывается $a + b = l$, здесь

знак плюс указывает на параллельное соединение. Такая операция называется логическим сложением или **д и з ь ю н к ц и е й**.

Если замыкающий контакт обозначить буквой *a*, то размыкающий контакт должен быть обозначен $\bar{a}$, т. е. буквой с черточкой, где черточка — **знак инверсии**, т. е. **знак отрицания**. Действительно, состояние замыкающего и размыкающего контактов одного и того же реле (выключателя) всегда прямо противоположны: если один из них замкнут (состояние 1), то другой разомкнут (состояние 0), что и подчеркивает знак инверсии.

В алгебре логики действуют законы и правила, во многом схожие с законами и правилами обычной алгебры, но есть и специфические зависимости и равносильности. С некоторыми из них мы познакомимся ниже, после рассмотрения примера П2.2. Этот очень простой пример наглядно доказывает, что с помощью аналитических преобразований можно упростить схему. Так, в нашем примере 44 компонента (контакта) заменяются четырьмя. Не аналитически, а интуитивно даже такую простую задачу решить невозможно.



Пример П2.2

Некоторая схема функционирует в результате взаимодействия 11 параллельных участков цепи, каждый из которых состоит из четырех органов (например, контактов), принадлежащих четырём элементам: *A*, *B*, *C* и *D* (например, реле). Первый участок состоит из размыкающих контактов *a* и *c* и замыкающих *b* и *d* (рис. П2.2, *a*).

Структурная формула схемы записывается следующим образом:

$$\begin{aligned} f(a, b, c, d) = & \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}c\bar{a} + \bar{c}d\bar{b}\bar{a} + \bar{b}\bar{c}d\bar{a} + \\ & + a\bar{c}d\bar{b} + d\bar{c}a\bar{b} + \bar{d}a\bar{c}b + \bar{b}\bar{a}\bar{c}d + \bar{a}\bar{c}d\bar{b} + \\ & + a\bar{b}\bar{d}\bar{c} + \bar{c}d\bar{b}\bar{a}. \end{aligned}$$

Левая часть формулы показывает, что схема действует (f) в зависимости от состояния четырех элементов (a, b, c, d). Первый член в правой части — это запись последовательного соединения в первом участке цепи. Второй член — то же второго участка и т. д. А так как все эти участки соединены параллельно, то их выражения объединены знаками плюс.

Приведенная структурная формула есть не что иное, как аналитическая запись словесных высказываний по типу: "схема функционирует, если ...".

Далее производятся преобразования, подробно рассмотренные ниже, в результате которых получается

$$f(a, b, c, d) = ac + b + d.$$

Дальнейшие упрощения невозможны. Поэтому результат должен быть представлен в виде более простой структуры, как показано на рис. П2.2,б.

Эта структура может быть представлена либо в контактном (рис. П2.2,в), либо в одном из возможных бесконтактных (рис. П2.2,г) вариантах, где a, b, c и d — входы схемы, прямоугольники — логические элементы, $f(a, b, c, d)$ — выход схемы. На рис. П2.2,г логические элементы обозначены по ЕСКД, а на рис. П2.2,д использованы употребительные обозначения логических функций. С помощью различных цветов подчеркнута соответствие между структурой (рис. П2.2,б), схемой в контактном варианте (рис. П2.2,в) и схемами в бесконтактных вариантах.

Обратите внимание на желтый прямоугольник на рис. П2.2,г. Он представляет собой так называемый элемент монтажной логики, в данном случае "монтажное ИЛИ". Именно так, по ЕСКД, условно, т. е. как элемент УГО (хотя на самом деле этого элемента нет), обозначают непосредственное соединение выходов нескольких элементов на общую нагрузку. В обозначение вписано $\diamond 1$ "монтажное ИЛИ" (в другом варианте $\diamond \&$ "монтажное И"). Термину "элемент монтажной логики" соответствует термин "элемент ДОТ" — сокращение английских слов, которые обозначают: раздельные выходы, взятые совместно.

В примере П2.2 были приведены структурная формула схемы и результат ее преобразования, но не объяснено, как этот результат получен. К этому вопросу мы еще возвратимся в примере П2.3. Но чтобы его выполнить, нужно систематизировать основные определения и обозначения, сформулировать аксиомы, законы и равносильности алгебры логики [3].

Определения и обозначения. 1. В релейных устройствах (независимо от того, что является

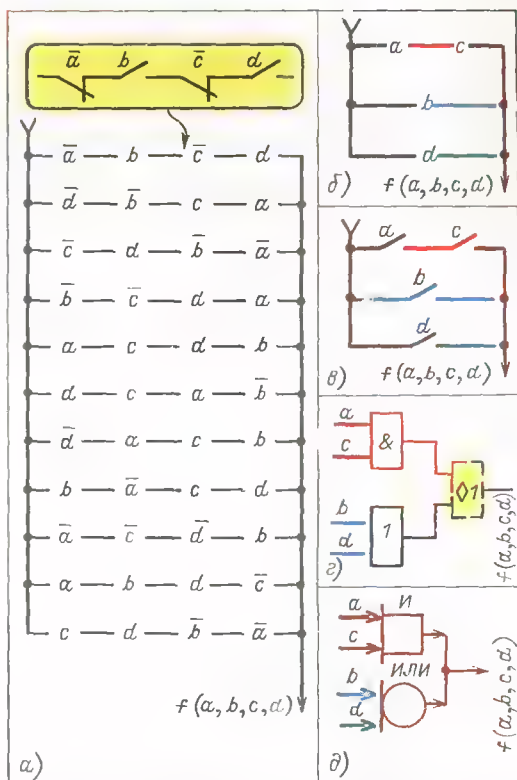


Рис. П2.2. Минимизация структурной формулы и реализация ее результатов в контактном и бесконтактных вариантах

их аппаратной базой — контактные реле или бесконтактные элементы) входные и выходные величины, называемые сигналами, могут принимать только одно из двух возможных значений: либо 0, либо 1.

2. Входные элементы (ключи, датчики и т. п.) воспринимают входные воздействия, обозначаемые прописными буквами $A, B, C, \dots$, и преобразуют их в сигналы двух значений. Контакты входных элементов обозначают строчными буквами $a, b, c, \dots$ — замыкающие и $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \dots$ — размыкающие.

3. Промежуточные элементы $P_1, P_2, P_3, \dots$ (контактные или бесконтактные) преобразуют входные и выходные сигналы в соответствии с заданной программой.

4. Усилители повышают мощность выходных сигналов.

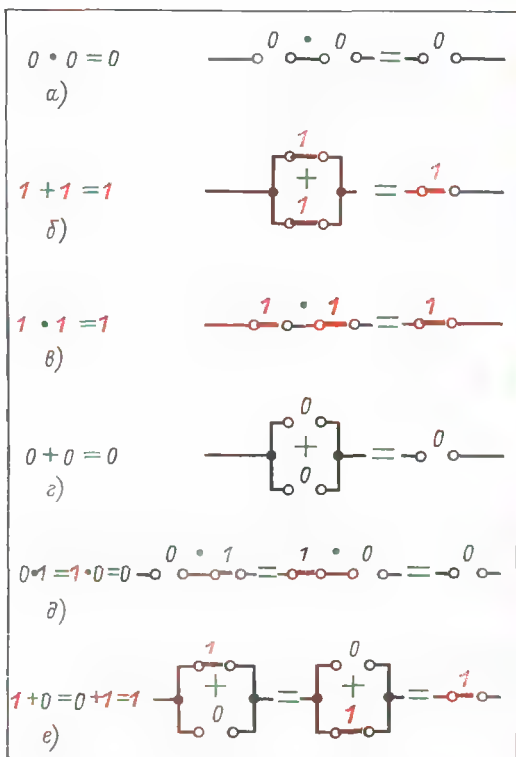


Рис. П2.3. Аксиомы алгебры логики

5. Исполнительные элементы $X, Y, Z \dots$ Их контакты: $x, y, z \dots$ — замыкающие и $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z} \dots$ — размыкающие.

6. Переменные: $a, b, c \dots$ — входные, $p_1, p_2, p_3 \dots$ — промежуточные, $x, y, z \dots$ — выходные.

Аксиомы алгебры логики, определяющие свойства и отношение основных операций между собой, описываются формулами. Содержание некоторых аксиом можно иллюстрировать схемами.

1. Существуют такие 0 и 1, что $\bar{0} = 1$ и $\bar{1} = 0$. Иными словами, состояние 1 является отрицанием состояния нуля; читается "единица не ноль". Состояние 0 является отрицанием состояния 1; читается "ноль не единица".

¹ В ряде книг, а также по ЕСКД входные переменные обозначают $x_1, x_2, x_3 \dots$, а выходные — $y_1, y_2, y_3 \dots$.

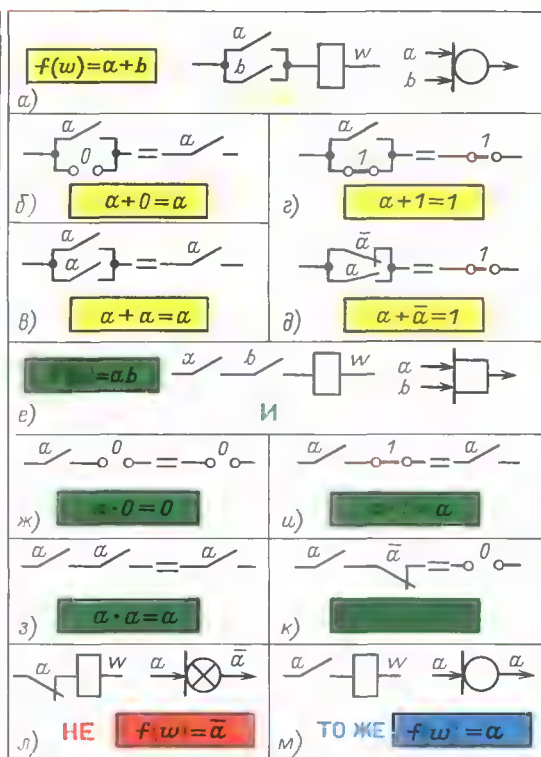


Рис. П2.4. Свойства функций ИЛИ, И, НЕ, ТО ЖЕ

2. Переменная может принимать лишь одно из двух возможных значений: либо $a = 0$, если $a \neq 1$, либо $a = 1$, если $a \neq 0$.

3. $0 \cdot 0 = 0$. Как явствует из рис. П2.3,а, последовательное соединение ($\cdot$) двух разрывов ($0 \cdot 0$) равносильно ($=$) (т. е. не изменяет условий действия) одному разрыву (0). Иными словами, в любом случае цепь разомкнута. И, наоборот, $1 + 1 = 1$. Это значит, что параллельное соединение ($+$) двух замкнутых участков ($1 + 1$) цепи равносильно ($=$) одному замкнутому участку: в любом случае цепь замкнута (рис. П2.3,б).

Рассуждая аналогичным образом, легко понять, что:

4. $1 \cdot 1 = 1$ (рис. П2.3,в) и $0 + 0 = 0$ (рис. П2.3,г).

5. $0 \cdot 1 = 1 \cdot 0 = 0$ (рис. П2.3,д) и $1 + 0 = 0 + 1$ (рис. П2.3,е).

Логические функции выражают зависимость выходных переменных от входных. Различают функции одной, двух и многих входных пере-

менных. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся функции. Выше они уже упоминались, а теперь настало время систематизировать и объяснить их свойства.

Дизъюнкция (от лат. *disjunctio* – разобщение, различие, разделение) двух переменных $a + b$ называется также суммой, логическим сложением, функцией ИЛИ, объединением. Для обозначения дизъюнкции в словесной форме употребляется связка ИЛИ (говорят: a или b), а в формулах – знаки $+$, $\vee$, $\cup$. Одним словом, $a + b$, $a \vee b$, $a \cup b$ обозначает одно и то же.

Рисунок П2.4,а устанавливает соответствие между структурной формулой (слева), контактной схемой (в центре) и употребительным обозначением функции (справа), а рисунки П2.4,б–д доказывают справедливость основных равенств: $a + 0 = a$; $a + a = a$; $a + 1 = 1$; $a + \bar{a} = 1$ соответственно.

Конъюнкция (от лат. *conjunctio* – союз, связь) двух переменных ab называется также произведением, логическим умножением, функцией И, пересечением. В словесной форме для обозначения конъюнкции употребляется связка И (говорят: a и b), а в формулах – знаки $\cdot$, $\wedge$, $\cap$, $\&$. Точку обычно опускают. Следовательно, $a \cdot b$, ab , $a \wedge b$, $a \cap b$, $a \& b$ – это одно и то же.

Обратите внимание: знаки $\cdot$ ($+$) указывают не на умножение (сложение) в арифметическом смысле этих понятий, а на способ соединения, а именно на последовательное (параллельное) соединение.

Обратившись к рис. П2.4,е, легко понять соответствие между структурной формулой (слева), контактной схемой (в центре) и обозначением функции (справа). Рисунки П2.4,ж–к подтверждают справедливость основных равенств $a \cdot 0 = 0$; $a \cdot a = a$; $a \cdot 1 = a$; $a \cdot \bar{a} = 0$ соответственно.

Инверсия (от лат. *inversio* – переворачивание, перестановка) – функция НЕ – имеет значение, обратное значению входной переменной (рис. П2.4,л).

Повторение – функция ТО ЖЕ повторяет значение входной переменной (рис. П2.4,м).

Законы алгебры логики (примеры)

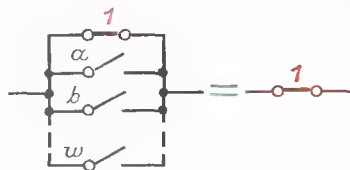
Закон нулевого множества: конъюнкция любого числа переменных обращается в нуль, если какая-либо одна переменная имеет значение 0, независимо от значений других переменных

$$0 \cdot ab \dots w = 0 \quad (1)$$



Закон универсального множества: дизъюнкция любого числа переменных обращается в единицу, если хотя бы одна из ее переменных имеет значение 1, независимо от значений любых переменных

$$1 + a + b + \dots + w = 1 \quad (2)$$

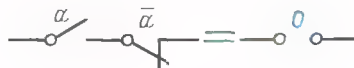


Закон двойной инверсии: двойную инверсию (отрицание отрицания) можно снять

$$\bar{\bar{a}} = a \quad (3)$$

Законы дополнительности: а) конъюнкция любой переменной и ее инверсии есть 0

$$a \bar{a} = 0 \quad (4)$$



б) дизъюнкция переменной и ее инверсии есть 1

$$a + \bar{a} = 1 \quad (5)$$



Законы коммутативные (переместительные): результаты выполнения операций конъюнкции и дизъюнкции не зависят от того, в каком порядке следуют переменные

$$ab = ba \quad (6)$$



$$a + b = b + a$$

(7)

$$a(a+b)(a+c) \dots (a+w) = a$$

(13)



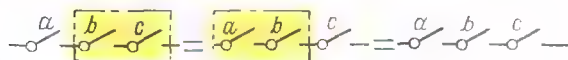
Законы ассоциативные (сочетательные): для записи конъюнкции и дизъюнкции скобки можно опустить

$$a(bc) = (ab)c = abc$$

(8)

$$a + ab = a$$

(14)

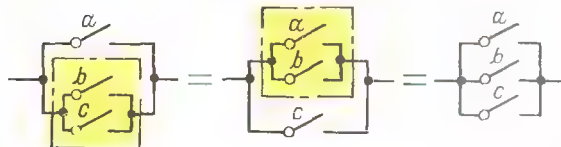


$$a + (b + c) = (a + b) + c = a + b + c$$

(9)

$$a(\bar{a} + b) = ab$$

(15)



Законы дистрибутивные (распределительные)

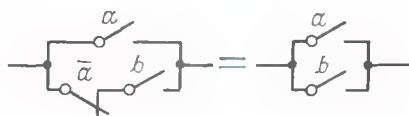
а) конъюнкции относительно дизъюнкции

$$a(b + c) = ab + ac$$

(10)

$$a + \bar{a}b = a + b$$

(16)



б) дизъюнкции относительно конъюнкции

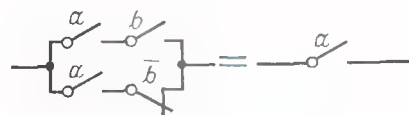
$$a + bc = (a + b)(a + c)$$

(11)

Законы склеивания (распространения)

$$ab + \bar{a}b = b$$

(17)



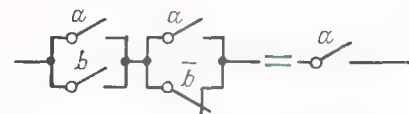
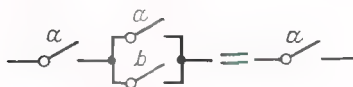
Законы поглощения

$$a(a + b) = a$$

(12)

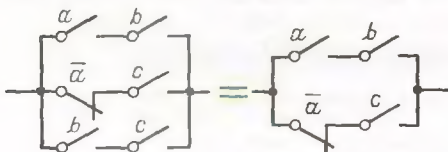
$$(a + b)(a + \bar{b}) = a$$

(18)

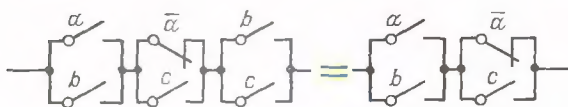


Законы обобщенного склеивания

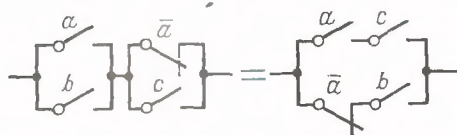
$$ab + ac + bc = ab + ac \quad (19)$$



$$(a + b)(a + c)(b + c) = (a + b)(a + c) \quad (20)$$



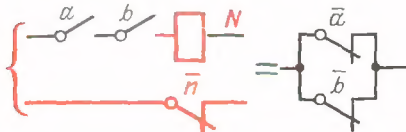
$$(a + b)(a + c) = ac + ab \quad (21)$$



Законы де Моргана (законы инверсии):

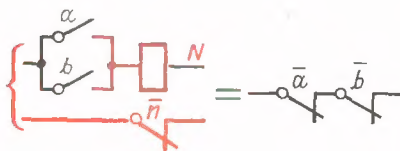
а) инверсия конъюнкции есть дизъюнкция инверсий

$$\overline{ab} = \bar{a} + \bar{b} \quad (22)$$



б) инверсия дизъюнкции есть конъюнкция инверсий

$$\overline{a + b} = \bar{a}\bar{b} \quad (23)$$



Итак, читатели, познакомились с аксиомами и законами (их называют также равносильностями) алгебры логики. Настало время показать их применение.



Пример П2.3

Возвратимся к примеру П2.2 и сперва повторим полученные в нем результаты минимизации, а затем покажем, как они получены. Из примера П2.2 явствует, что:

$$\begin{aligned} f(a, b, c, d) &= \bar{a}\bar{b}cd + \bar{d}bca + \bar{c}dba + \bar{b}cda + \\ &+ acdb + dca\bar{b} + \bar{d}acb + bacd + \bar{a}c\bar{d}b + \\ &+ ab\bar{d}c + c\bar{d}ba = ac + b + d. \end{aligned}$$

1-й шаг. На основании переместительных законов (6) и (7) во всех членах располагаем буквы в одном и том же порядке:

$$\begin{aligned} f(a, b, c, d) &= \bar{a}\bar{b}cd + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \\ &+ \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \\ &+ \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d. \end{aligned}$$

2-й шаг. Группируем члены таким образом, чтобы в каждую пару входили переменная и ее инверсия:

$$\begin{aligned} f(a, b, c, d) &= \bar{a}\bar{b}cd + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \\ &+ \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d + \\ &+ \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}d. \end{aligned}$$

3-й шаг. Руководствуясь распределительным законом (10), в каждой группе выносим за скобку одинаковые переменные:

$$\begin{aligned} f(a, b, c, d) &= \bar{a}\bar{c}d(b + \bar{b}) + \bar{a}b\bar{c}(d + \bar{d}) + \\ &+ \bar{a}\bar{c}d(b + \bar{b}) + \bar{a}b\bar{c}(d + \bar{d}) + \bar{a}\bar{c}d(b + \bar{b}) + \bar{a}b\bar{c}(d + \bar{d}). \end{aligned}$$

4-й шаг. По закону дополнительности (5)

$$\begin{aligned} f(a, b, c, d) &= \bar{a}\bar{c}d \cdot 1 + \bar{a}b\bar{c} \cdot 1 + \bar{a}\bar{c}d \cdot 1 + \bar{a}b\bar{c} \cdot 1 + \\ &+ \bar{a}\bar{c}d \cdot 1 + \bar{a}b\bar{c} \cdot 1 = \bar{a}\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c} + \bar{a}\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c} + \\ &+ \bar{a}\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}. \end{aligned}$$

5-й шаг. Выполняя аналогичные преобразования, получаем:

$$\begin{aligned} f(a, b, c, d) &= \bar{a}d(c + \bar{c}) + ac(b + \bar{b}) + a\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}\bar{d} = \\ &= \bar{a}d + ac + a\bar{c}d + \bar{a}b\bar{c}\bar{d} = \bar{a}d + a(c + \bar{c}d) + \bar{a}b\bar{c}\bar{d}. \end{aligned}$$

6-й шаг. На основании закона поглощения (16) пишем:

$$f(a, b, c, d) = \bar{a}d + a(c + d) + \bar{a}b\bar{c}\bar{d}.$$

7-й шаг. Применяя распределительный (10) и сочетательный (8) законы, имеем

$$\begin{aligned} f(a, b, c, d) &= \bar{a}d + ac + ad + \bar{a}b\bar{c}\bar{d} = \\ &= d(a + a) + ac + \bar{a}b\bar{c}\bar{d} \end{aligned}$$

и, учитывая, что по (5) $a + \bar{a} = 1$, получаем

$$f(a, b, c, d) = d \cdot 1 + ac + \bar{a}b\bar{c}\bar{d} = d + ac + \bar{a}b\bar{c}\bar{d}.$$

8-й шаг. Исходя из сочетательного закона (8) запишем

$$\begin{aligned} f(a, b, c, d) &= d + ac + \bar{a}b\bar{c}\bar{d} = ac + [d + \\ &+ (\bar{a}b\bar{c})\bar{d}]. \end{aligned}$$

Но по закону поглощения (16)

$$[d + (\bar{a}b\bar{c})\bar{d}] = d + \bar{a}b\bar{c}.$$

Следовательно,

$$f(a, b, c, d) = ac + d + \bar{a}b\bar{c}.$$

9-й шаг. Применяя переместительный (6) и сочетательный (8) законы, имеем

$$f(a, b, c, d) = ac + d + \bar{a}b\bar{c} = [ac + (\bar{a}b\bar{c})] + d,$$

откуда по закону поглощения (16)

$$f(a, b, c, d) = ac + b + d,$$

что и требовалось доказать.

Выводы. Приведенные здесь весьма краткие сведения об алгебре логики имеют ограниченные цели:

1) дать читателям самые общие понятия о методе, получившем широкое распространение, а также объяснить термины, с которыми можно встретиться в справочной литературе;

2) обратить внимание на то, что эти методы предназначены не для любых схем вообще, а лишь для тех, которые выполняют *чисто переключаемые функции*: замкнуто (1) – разомкнуто (0); разомкнуто (0) – замкнуто (1). *Все, что происходит в процессе переключений, не рассматривается.* Во многих случаях это и несущественно, как, например, в вычислительной технике, выходных цепях сигнализации и т. п.

Но есть случаи (типичные примеры рассмотрены выше), когда в переходных режимах, т. е. в процессе переключений, совершается перезаряд конденсаторов, возникают токи между параллельно соединенными катушками электромагнитов и т. п. Алгеброй логики эти явления не учитываются. Следовательно, схемы, в которых они могут иметь место, нужно тщательно проверить, а не ограничиваться выводами, сделанными только для установившихся состояний.

С техникой проектирования дискретных схем управления читатели могут познакомиться по [3].

Список литературы

1. Беркович М. А., Молчанов В. В., Семенов В. А. Основы техники релейной защиты — 6-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Голубев М. Л. Защита вторичных цепей от коротких замыканий. М.: Энергоатомиздат, 1982.
3. Проектирование бесконтактных систем автоматического управления/ Г. Р. Грейнер, В. П. Ильяшенко, В. П. Май и др. М.: Энергия, 1969.
4. Долин П. А. Справочник по технике безопасности. — 6-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Изюмов Н. М., Лииде Д. П. Основы радиотехники. — 4-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1983.
6. Камиинский Е. А. Как добиться надежной работы электроустановок. Пояснения, вопросы, ответы. М.: Энергоатомиздат, 1986.
7. Китаев В. Е. Электротехника с основами промышленной электроники. М.: Высшая школа, 1980.
8. Ключев А. С., Коваленко Е. Н., Кривошеев Ю. Г. и др. Наладка приборов и устройств технологического контроля. М.: Энергия, 1976.
9. Ключев А. С., Глазов Б. В., Миидин М. Б. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983.
10. Марголин Ш. М. Точная остановка электроприводов. — 2-е изд. М.: Энергоатомиздат.
11. Миискер Э. И., Капиик М. Ш. Графическое оформление и чтение схем электрооборудования станков. М.: Машиностроение, 1982.
12. Никулин Н. В. Электроматериаловедение. М.: Высшая школа, 1984.
13. Пасковатый О. И. Электрические помехи в системе промышленной автоматики. М.: Энергия, 1973.
14. Преображенский В. И. Полупроводниковые выпрямители. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1986.
15. Фролов В. В. Язык радиосхем. М.: Энергия, 1974.

Производственное издание

Каминский Евгений Абрамович

Практические приемы чтения схем электроустановок

Редактор Ю. А. Державина

Редактор издательства Н. В. Ольшанская

Художник С. С. Водчиц

Художественные редакторы А. С. Александров,
Ю. В. Созанская

Художник-график Ю. Н. Королева

Технический редактор О. Д. Кузнецова

Корректор М. Г. Гулина

ИБ № 2008

Сдано в набор 20.11.86. (Набор выполнен на Композере ИБМ-82). Подписано в печать 25.11.87. Т-24241. Формат 70 X 90 1/16. Бумага офсетная № 1. Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 26,91. Усл. кр.-отт. 109,39. Уч.-изд. л. 31,36. Тираж 40 000 экз. Заказ 2624. Цена 2 р. 80 к.

Энергоатомиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Предприятие малообъемной книги дважды ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского производственного объединения «Типография имени Ивана Федорова» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.

192007, г. Ленинград, ул. Боровая, 51.